



**Filipe Bettencourt
Ferreira**

**Caracterização de materiais construtivos dos
edifícios do Buçaco**



**Filipe Bettencourt
Ferreira**

**Caracterização de materiais construtivos dos
edifícios do Buçaco**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento de requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, Professora associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação científica do Doutor Luís Mariz Ferreira, Investigador do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

Aos meus pais e irmãos.

o júri

presidente

Professor Doutor Carlos Daniel Borges Coelho
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Maria Isabel Morais Torres
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Professora Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associada da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de deixar o meu profundo e sincero agradecimento a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

À Professora Doutora Ana Velosa, pela sua orientação e partilha de conhecimento, pela sua disponibilidade, incentivo e constante acompanhamento do trabalho realizado.

Ao Investigador Doutor Luís Mariz Ferreira pela sua coorientação e partilha de conhecimento e pela sua disponibilidade.

À Fundação de Mata do Buçaco pela sua receptividade, por terem garantido as condições necessárias para a realização deste trabalho, pela partilha de conhecimento e disponibilidade.

À Engenheira Mara Figueiredo e ao Técnico Vítor Rodrigues, do laboratório do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, pela sua ajuda fundamental na realização dos trabalhos de laboratório e pelo bom ambiente profissional e pessoal proporcionado.

Ao Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro em especial à Técnica Denise Terroso e à Cristina Sequeira, pela realização dos ensaios DRX e FRX.

A todos os meus amigos pelo seu carinho, apoio, incentivo e por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos.

Por último, aos meus pais, Jorge e Graça, e aos meus irmãos, Rita, Miguel e Nuno, pelo seu incentivo, compreensão, apoio, força e carinho incondicional, não deixando que, em momento algum, alguma coisa me faltasse e demonstrando sempre um orgulho imenso em mim. Este momento é dedicado a vocês.

palavras-chave

Buçaco, Via-Sacra, convento, ermidas, argamassas, cerâmicos, rochas, embrechados, reabilitação, conservação, caracterização de materiais.

resumo

O património cultural é relevante para a identificação de um povo, sendo igualmente importante a sua preservação. Os edifícios da Mata do Buçaco, Convento de Santa Cruz e Via-Sacra são monumentos nacionais que apresentam índices de alteração diferenciado, sendo necessário conhecer as propriedades dos seus materiais construtivos para uma intervenção adequada. Este trabalho tem como base o estudo das características físicas, químicas e mecânicas dos materiais construtivos dos edifícios do Buçaco, onde foram alvo de estudos materiais cerâmicos, rochas e em especial argamassas. O estudo englobou pesquisa bibliográfica, assim como a recolha de amostras pelos diferentes edifícios do Buçaco e ensaios laboratoriais de caracterização. Os resultados obtidos permitiu a caracterização das argamassas, sendo possível a determinação das propriedades físicas, identificação dos materiais que entram na sua composição e as proporções utilizadas. Paralelamente foram também determinadas as propriedades dos materiais cerâmicos e rochas.

keywords

Buçaco, Via-Sacra, convent, chapels, mortar, ceramics, rocks, inlaid work, rehabilitation, conservation, characterization of materials.

abstract

Cultural heritage is relevant to the cultural identity of people, so it is equally important to preserve it. The Buçaco Forest buildings of Convent of Santa Cruz and Via Sacra are national monuments that need to be preserved, and it is necessary to know the properties of their building materials for proper rehabilitation.

This work is based on the study of physical, chemical and mechanical characteristics of the construction materials of Buçaco buildings. It was focused on ceramic materials, rocks and especially mortars.

The study included literature research, as well as sample collection from the different Buçaco buildings and laboratory testing.

Using the results obtained the characterization of mortars was proceeded, which enabled the determination of physical properties, their composition materials and the proportions of these materials utilization. Alongside were also determined the properties of ceramics materials and rocks.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABELAS	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVO	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
2. CONVENTO E VIA-SACRA DO BUÇACO	5
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	5
2.2. TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO	12
2.2.1. ALVENARIA.....	12
2.2.2. COBERTURA	13
2.2.3. EMBRECHADOS	14
2.2.4. CORTIÇA	17
2.3. INTERVENÇÕES	19
2.4. ESTADO ATUAL DO MONUMENTO	21
2.4.1. VIA-SACRA DO BUÇACO	21
2.4.2. CONVENTO DE SANTA CRUZ	25
2.4.3. EXEMPLOS DE DEGRADAÇÃO EM ALGUNS EDIFÍCIOS	27
3. AMOSTRAGEM E ANÁLISE	31
3.1. TÉCNICA DE AMOSTRAGEM	31
3.1.1. AMOSTRAGEM NO CONVENTO DE SANTA CRUZ.....	31
3.1.2. AMOSTRAGEM NA VIA-SACRA DO BUÇACO.....	32
3.1.3. AMOSTRAGEM NAS ERMIDAS DE HABITAÇÃO.....	36
3.1.4. TABELA SÍNTESE DA AMOSTRAGEM.....	38
3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE	40
3.2.1. ENSAIO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO	42
3.2.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	43
3.2.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA EM TELHAS CERÂMICAS.....	45
3.2.4. ENSAIO DE IMPERMEABILIDADE EM TELHAS CERÂMICAS	45
3.2.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO.....	46
3.2.6. DISSOLUÇÃO ÁCIDA.....	47

3.2.7.	GRANULOMETRIA DO AGREGADO	48
3.2.8.	ANÁLISE QUÍMICA - FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (FRX)	48
3.2.9.	ANÁLISE MINERALÓGICA - DIFRAÇÃO DE RAIOS X (DRX)	48
4.	RESULTADOS.....	49
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS.....	49
4.1.1.	RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO	51
4.1.2.	ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE.	54
4.1.3.	ÍNDICE DE SECAGEM	57
4.1.4.	DISSOLUÇÃO ÁCIDA	60
4.1.5.	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	62
4.1.6.	DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA (FRX).....	67
4.1.7.	DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA (DRX).....	70
4.1.8.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	73
4.2.	CARACTERIZAÇÃO DE CERÂMICOS.....	76
4.2.1.	ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	77
4.2.2.	ÍNDICE DE SECAGEM	78
4.2.3.	ABSORÇÃO DE ÁGUA EM TELHAS.....	79
4.2.4.	IMPERMEABILIDADE EM TELHAS.....	81
4.2.5.	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	81
4.2.6.	DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA (FRX).....	83
4.2.7.	DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA (DRX).....	83
4.2.8.	MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO	84
4.2.9.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	86
4.3.	CARACTERIZAÇÃO DE ROCHAS	86
4.3.1.	DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA (FRX).....	87
4.3.2.	DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA (DRX).....	88
4.3.3.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	89
5.	CONCLUSÃO.....	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
	ANEXO A.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Planta do que resta do convento de Santa Cruz. (Monumentos, 2013)	6
Figura 2 - Portaria do convento. (Camara Municipal da Mealhada, 2013)	7
Figura 3 - Ermida de habitação de S. José.....	8
Figura 4 - Planta e corte da Ermida do Calvário. (Gomes, 2005).	9
Figura 5 - Ermida do Calvário. (Camara Municipal da Mealhada, 2013).....	9
Figura 6 - Vista do miradouro da ermida do Calvário. (Camara Municipal da Mealhada, 2013).....	9
Figura 7 - Capela dos Passos do encontro da Virgem. (Camara Municipal da Mealhada, 2013).....	10
Figura 8 - Degraus da varanda de Pilatos.	11
Figura 9 - Imagem antiga da varanda de Pilatos. (Camara Municipal da Mealhada, 2013).	11
Figura 10 - Grupo escultório dos passos do encontro da Virgem. (Camara Municipal da Mealhada, 2013).....	11
Figura 11 - Disposição das telhas na cobertura das ermidas de habitação e capelas a), e convento b).	14
Figura 12 - Gruta de Thétis em Versailles. (Versailles 3D, 2014)	15
Figura 13 - Gruta de la Bastie. (La Bastie d'Urfé en Forez, 2007).....	15
Figura 14 - Embrechados numa Fonte, Convento dos Capuchos, Serra. (Portugal – Convento dos Capuchos - Sintra, 2012)	16
Figura 15 - Embrechados no muro da portaria.	17
Figura 16 - Porta de Coimbra (embrechados),Convento de Santa Cruz, Bussaco. (Luso Tapada do Buçaco, 2012)	17
Figura 17 - Cortiça no teto da portaria do Convento de Santa Cruz.	19
Figura 18 - Cortiça aplicada num edifício do Convento dos Capuchos. (Miranda, 2005)19	
Figura 19 - Trilho da Via-Sacra impedido.....	22
Figura 20 - Cedro (cipreste) de S. José. (Carrero, 2013).....	22
Figura 21 - Capela destruída.....	22
Figura 22 - Ermida de habitação destruída.	22
Figura 23 - Avanço da vegetação sobre o edificado.....	23

Figura 24 – Presença de Humidade (manchas pretas).....	23
Figura 25 - Desprendimento de embrechados.....	23
Figura 26 - Revestimento de cortiça em mau estado.	23
Figura 27 - Tijolos em parede de pedra.....	24
Figura 28 - Telhas não originais.....	24
Figura 29 - Elementos da cobertura com secção quadrangular.....	25
Figura 30 - Elementos da cobertura em mau estado de conservação.....	25
Figura 31 - Desprendimento de embrechados no convento.	26
Figura 32 - Dano provocado por obras.....	26
Figura 33 - Diferentes argamassas com elementos cerâmicos	26
Figura 34 - Estrutura da cobertura do convento.....	27
Figura 35 - Telhas danificadas no convento.....	27
Figura 36 - Desenho da fachada principal da capela 26, com identificação dos materiais presentes.	28
Figura 37 - Desenho das anomalias na Capela 26.....	28
Figura 38 - Desenho da fachada da Varanda de Pilatos, com identificação dos materiais presentes.	29
Figura 39 - Desenho das anomalias na Varanda de Pilatos.....	29
Figura 40 - Local de recolha das amostras C1-AR (I) e C1-AA (II).	32
Figura 41 - Local de recolha da amostra C3-AR.	32
Figura 42 - Embrechados do Convento de Santa Cruz.	32
Figura 43 - Capela 21 (local de recolha de amostras).....	33
Figura 44 - Local de recolha das amostras Cap21-AC (I), Cap21-AA (II), Cap21-ARII (III), Cap21-ARI (IV).....	33
Figura 45 - Local de recolha das amostras Cap21-ARZT (II), Cap21-ARZT (III), Cap21-Tij. (I).	33
Figura 46 - Varanda de Pilatos e locais de recolha das amostras, VP-AR (II), VP-AT (I), VP-T (I), VP-R1 (III).	34
Figura 47 - Capela 25 e local de recolha da amostra Cap25-AR (I).	34
Figura 48 - Local de recolha da amostra Cap25-AR (I) ao pormenor.	34
Figura 49 – Fachada lateral da capela 26 e local de recolha das amostras.	35
Figura 50 - Locais de recolha das amostras Cap26-ARI (I) e Cap26-ARII (II).....	35

Figura 51 - Capela 27 e locais de recolha das amostras Cap27-ARI (II), Cap27-ARII (III), Cap27-ARIII (I).....	35
Figura 52 - Capela 29 e locais de recolha das amostras Cap29-AR (II) e Cap29-AT (I).....	36
Figura 53 - Local de recolha da amostra Cap29-AR ao pormenor.....	36
Figura 54 - Local de recolha da amostra Cap29-AT ao pormenor.....	36
Figura 55 - Local de recolha da amostra ESJ-RJ.	37
Figura 56 - Local de recolha da amostra ESJ-ARI.....	37
Figura 57 - Local de recolha da amostra ESJ-ARII.	37
Figura 58 - Local de recolha da amostra ENSA-AR.....	37
Figura 59 - Telha recolhida (ENSA-T).	37
Figura 60 - Plano de ensaios das amostras de argamassa.....	41
Figura 61 – Provete para o ensaio à compressão com confinamento.....	42
Figura 62 - Ensaio de absorção de água por capilaridade.	44
Figura 63 - Ensaio de determinação do índice de secagem.....	44
Figura 64 - Telhas prontas para o ensaio de impermeabilidade.	46
Figura 65 - Aparelho PUNDIT.....	47
Figura 66 - Colocação dos transdutores.	47
Figura 67 - Amostra ESJ-ARII sem confinamento antes do ensaio à compressão.	51
Figura 68 - Resistência à compressão das amostras do convento.	52
Figura 69 - Resistência à compressão das amostras da Via-Sacra.	53
Figura 70 - Resistência à compressão das amostras da Via-Sacra.	53
Figura 71 - Resistência à compressão das amostras das ermidas de habitação.	54
Figura 72 - Coeficiente de capilaridade nas amostras do convento.	55
Figura 73 - Coeficiente de capilaridade nas amostras da Via-Sacra.	55
Figura 74 - Coeficiente de capilaridade nas amostras da Via-Sacra.	56
Figura 75 - Coeficiente de capilaridade nas amostras das ermidas de habitação.	57
Figura 76 - Curva de secagem da amostra Cap29-AR.	58
Figura 77 - Curva de secagem da amostra VP-AR.....	58
Figura 78 - Análise granulométrica das amostras do convento.....	62
Figura 79 - Análise granulométrica das amostras da Via-Sacra.....	63
Figura 80 - Agregados da amostra Cap21-ARI.....	64
Figura 81 - Agregados da amostra Cap21-AA.....	64

Figura 82 - Análise granulométrica das amostras da Via-Sacra.	64
Figura 83 - Agregado da amostra Cap21-ARZT.....	65
Figura 84 - Agregado da amostra Cap21-ARII.....	65
Figura 85 - Análise granulométrica das amostras da Via-Sacra.	66
Figura 86 - Análise granulométrica das amostras das ermidas de habitação.	66
Figura 87 - Coeficiente de capilaridade nas amostras cerâmicas.	78
Figura 88 - Curva de secagem das amostras cerâmicas.	79
Figura 89 - Resistência à compressão das amostras cerâmicas.....	82
Figura 90 - Secção transversal da amostra Cap21-Tij utilizada no ensaio do PUNDIT.	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese de amostragem	38
Tabela 2 - Ensaios realizados em cada amostra de argamassa.	50
Tabela 3 - Índice de secagem das amostras do convento.	59
Tabela 4 - Índice de secagem das amostras da Via-Sacra.	59
Tabela 5 - Índice de secagem das amostras das ermidas de habitação.	60
Tabela 6 - Fração solúvel e resíduo nas amostras do convento.	60
Tabela 7 - Fração solúvel e resíduo nas amostras da Via-Sacra.	61
Tabela 8 - Fração solúvel e resíduo nas amostras das ermidas de habitação.	61
Tabela 9 - Composição química determinada por FRX às amostras provenientes do convento (%).	67
Tabela 10 - Composição química determinada por FRX às amostras provenientes da Via-Sacra (%).	68
Tabela 11 - Composição química determinada por FRX às amostras provenientes das ermidas de habitação (%).	69
Tabela 12 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras provenientes do convento.	70
Tabela 13 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras provenientes da Via-Sacra.	71
Tabela 14 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras provenientes das ermidas de habitação.	73
Tabela 15 - Resistências médias à compressão das argamassas.	74
Tabela 16 - Coeficiente de capilaridade e índice de secagem médios das argamassas. .	75
Tabela 17 - Ensaios realizados em cada amostra cerâmica.	77
Tabela 18 - Índice de secagem das amostras cerâmicas.	79
Tabela 19 - Absorção de água em telhas cerâmicas.	80
Tabela 20 - Relação entre a absorção de água e a resistência ao gelo.	80
Tabela 21 - Estanquidade das telhas.	81
Tabela 22 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras cerâmicas. .	83
Tabela 23 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras cerâmicas. .	83
Tabela 24 - Modulo de elasticidade dos tijolos cerâmicos.	85

Tabela 25 - Composição química determinada por FRX às amostras de rocha.....87

Tabela 26 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras de rocha.88

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O património cultural é muito importante para a afirmação da identidade cultural de um povo. Fazem parte do património cultural todos os bens materiais e imateriais, que devido ao seu valor de civilização ou de cultura, são portadores de interesse histórico, paleontológico, arqueológico, arquitetónico, linguístico, documental, artístico, etnográfico, científico, social, industrial ou técnico. O interesse cultural destes bens, integrantes do património cultural, refletem valores de memória, antiguidade, autenticidade, originalidade, raridade, singularidade ou exemplaridade (Decreto lei nº107/2001 de 8 de setembro).

Linguagem, literatura e música, são exemplos de bens imateriais. Os bens materiais podem ser móveis, como as pinturas e artesanato, e bens materiais imóveis, como igrejas, conventos e castelos.

Em Portugal, mais propriamente no distrito de Aveiro, concelho da Mealhada, encontramos o Convento de Santa Cruz e Via-Sacra do Buçaco, monumentos esses que representam no conjunto dos Monumentos Nacionais casos únicos no país. A razão para a sua exclusividade centra-se com o facto de estes expressarem o ideal carmelita seiscentista português com a criação de um "deserto", a exemplo de outros eremitérios carmelitas europeus, e por outro, refletirem o combate às divergências de doutrina religiosa levado a cabo pela Inquisição (Monumentos, 2013). Para além disso, este conjunto arquitetónico é o mais vasto e original alguma vez edificado pela Ordem dos Carmelitas Descalços (Gomes, 2005).

Tendo em atenção ao seu potencial valor funcional, económico-financeiro, artístico e cultural, científico e tecnológico, histórico e documental e, ou, simbólico e identitário a importância atribuída a património construído como este, tem vindo a aumentar quer a nível coletivo quer a nível individual, assim como, a consciência para a necessidade da sua salvaguarda (Monumentos, 2013).

Para a salvaguarda deste património é necessário que ao longo dos anos sejam feitas algumas intervenções, sendo grande parte dessas intervenções realizadas ao nível dos sistemas de revestimentos, tendo como enfoque principal as argamassas de revestimento.

Para a reabilitação ao nível da argamassa de revestimento de um edifício antigo é muito importante ter conhecimento das propriedades dos materiais que foram originalmente

utilizados na sua construção, para que não sejam realizadas reparações que, mais do que trazerem benefícios, acarretem danos nos materiais e respetivos sistemas, para além de comprometerem a autenticidade. O conhecimento dessas propriedades também ajuda a melhorar a perceção e conhecimento sobre a forma como esta ordem religiosa construiu.

1.2. OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é a caracterização dos materiais construtivos presentes nos vários edifícios que compõem o património edificado da Mata do Buçaco.

Como este trabalho pretende-se estudar o sistema de revestimentos utilizados, realizando um estudo das características físicas, químicas e mecânicas dos materiais de revestimento dos edifícios do Buçaco.

Para a execução destes objetivos foram realizados ensaios laboratoriais. Os ensaios laboratoriais tiveram lugar no laboratório do Departamento de Engenharia Civil (DeCivil) da Universidade de Aveiro (UA), e no laboratório do Departamento de Geociências na Universidade de Aveiro.

Com este estudo pretende-se conhecer a forma de construção dessa comunidade religiosa e aprofundar o conhecimento das propriedades dos materiais originalmente utilizados bem como definir as características dos materiais a utilizar como base em futuras ações de manutenção, conservação e de reabilitação de forma a alcançar a respetiva compatibilidade material.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente documento está organizado da seguinte forma:

- No Capítulo 1 esclarece-se o propósito com que a Dissertação se desenvolve, fazendo referência à importância dos Monumentos Nacionais e à necessidade de conservação e reabilitação destes edifícios, com valor histórico, sentimental, e arquitetónico. Posteriormente, apresentam-se os objetivos principais do trabalho e a organização do presente documento;

- No Capítulo 2 é divulgada informação importante e útil a ter em conta sobre o Património do Convento de Santa Cruz e da Via-Sacra do Buçaco. Para tal, será feito um enquadramento histórico onde se procurará esclarecer sobre a data de construção dos diferentes edifícios encontrados no Buçaco, assim como, outras informações relevantes à cerca da sua história. As intervenções já levadas a cabo são outro aspeto que será referenciado e por fim será transmitido o estado atual do monumento.
- No Capítulo 3 são descritas as amostras recolhidas assim como os locais de recolha de amostragem, É objetivo apresentar os métodos a utilizar na caracterização dos materiais recolhidos, assim como, o que cada um deles pretende estudar e qual o seu contributo para esta análise.
- No Capítulo 4 são apresentados os resultados dos ensaios realizados às amostras de argamassa, cerâmica e rocha. Os resultados são apresentados separadamente consoante o tipo de material e no final é realizada uma discussão aos resultados obtidos e são tiradas algumas conclusões.
- No Capítulo 5 é realizada a análise geral dos resultados alcançados e apresentadas as conclusões finais do trabalho realizado. Neste capítulo também são propostos trabalhos para desenvolvimento futuro, concretamente os temas que merecem um estudo mais aprofundado.

2. CONVENTO E VIA-SACRA DO BUÇACO

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

No início do séc. XVII, mais propriamente em 1625, a Ordem dos Carmelitas Descalços pretendeu construir em Portugal um local onde os monges pudessem desfrutar uma vida contemplativa em comunhão espiritual em retiro. A esse local era atribuído o nome de “deserto”, sendo este constituído por um convento e ermidas de habitação (Gomes, 2005).

Em 1625 começou a procura do lugar mais adequado para servir esse propósito, sendo inicialmente oferecidos à Ordem a Serra de Miranda do Corvo, e uma grande mata no lugar do Pereiro, muito perto da Cidade de Coimbra, mas a ordem já teria um lugar em mente: Serra de Sintra (Gomes, 2005) (Castro, 1896).

Estes dois lugares foram rapidamente colocados de parte, pois a Serra de Miranda do Corvo tinha um solo pouco atrativo e seco, e a mata no lugar do Pereiro, apesar de ser bem povoada de arvoredo e ter água em abundancia, não tinha a tão desejada e indispensável solidão (Castro, 1896).

O Padre responsável pela escolha do lugar partiu então para Lisboa com os olhos postos na serra de Sintra. Apesar de ser uma serra que agradava pelos seus horizontes que se estendiam até ao Oceano, e pela sua abundancia de árvores e água limpas, tinha desvantagens. A sua proximidade com o mar não traria segurança contra ataques de piratas, corsários, e armadas inimigas, a proximidade da corte não o tornavam um local espiritual, e o ar salgado não era bom para a plantação de árvores exóticas, que os Carmelitas Descalços tanto apreciavam (Gomes, 2005).

Devido à falta de outro local para a construção do “deserto”, os Carmelitas Descalços conformaram-se com o lugar, até ao dia em que numa visita de frei Ângelo de S. Domingos, reitor do colégio dos Carmelitas Descalços de Coimbra, ao bispo desta cidade, D. João Manuel, este lhe falou em umas matas e terras que tinha na Serra do Luso e que caso agradassem as doaria, pois era do seu interesse ter no seu bispado tal convento (Gomes, 2005).

O lugar tinha nome de Buçaco e preencheu por completo os requisitos impostos para a construção do “deserto”, devido a sua enorme variedade de árvores, abundância em água, e

isolamento, chegando mesmo a ser considerado como um futuro paraíso “terreal” pelo Padre Geral dos Carmelitas Descalços: “Aqui é vontade de Deus que se funde; murem este sítio, que tem nele o melhor deserto da Ordem. Porque, se agora, inculto, rude e tosco, é o que admiramos, cultivado, será um paraíso terreal”

Com a decisão tomada por parte da Ordem dos Carmelitas Descalços, faltava a aprovação do Papa e do Rei. A aprovação do Papa Urbano VIII, Papa da época, foi conseguida na normalidade, já a aprovação do Rei, Filipe III (IV de Espanha) foi muito difícil, devido à crise económica que proibia a fundação de novos conventos. A autorização foi conseguida após a desistência dos Carmelitas Descalços na fundação de outro convento aprovado mas que nunca tinha passado das intenções, o convento de Tomar (Gomes, 2005).

A 7 de agosto de 1628 é lançada a primeira pedras do convento. A 28 de fevereiro de 1629 é inaugurada a biblioteca do convento que servira como igreja provisória. A 19 de março de 1630 começa a vida normal da comunidade religiosa. Com o passar dos anos os Carmelitas Descalços, com a ajuda de piedosos benfeitores, conseguiram concluir outras obras como muros, portas de entrada na mata, ermidas, capelinhas, ruas extensas e fontes, que vieram enobrecer ainda mais o “deserto” (Castro, 1896).

No séc. XIX, em 1834, aquando da extinção das ordens religiosas, o convento foi transformado num quartel, até que em 1888 ele foi parcialmente destruído para dar lugar ao Hotel Palace (Gomes, 2005). Secções do convento como a livraria, hospedaria e refeitório foram assim demolidas. Permanecem ainda de pé a entrada do convento, o claustro e a igreja em forma de cruz no seu centro (Figura 1).

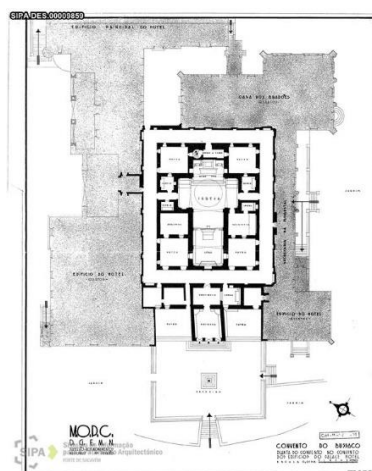


Figura 1 - Planta do que resta do convento de Santa Cruz. (*Monumentos, 2013*)

Na entrada, ou Portaria do convento, foi construído um átrio de forma quadrangular e no seu centro eleva-se uma cruz de cantaria sobre peanha de granito grosseiro. A portaria é constituída por um muro de pouco altura, interrompido por três arcos, sendo o arco do meio maior que os laterais (Figura 2).



Figura 2 - Portaria do convento. (*Camara Municipal da Mealhada, 2013*)

Na construção do convento é propositada uma arquitetura humilde, longe de luxurias, com materiais que eram considerados os mais pobres. Um exemplo disso são as cortiças que cobrem tetos, bancos e paredes, e os embrechados, revestimento feito de pedras, pedaços de cerâmica ou conchas, que se encontram na entrada para o convento (Gomes, 2005).

Como foi dito anteriormente, outras obras ocorreram ao longo dos anos com ajuda de piedosos benfeitores, como é o caso das ermidas de habitação. Essas ermidas eram características de todos os “desertos” fundados pela Ordem dos Carmelitas Descalços (Gomes, 2005).

As ermidas de habitação permitiam aos religiosos, os que quisessem, ir viver para um local completamente separado, longe da comunidade do convento, e onde poderiam estar mais perto das suas crenças. Viviam assim uma vida mais árdua e solitária do que a vida ordinária do convento, razão de serem construídas “longe” do convento no meio do mais variado arvoredo (Castro, 1896).

Os nomes atribuídos a estas construções eram na sua maioria em homenagem a Santos carmelitas (Elias, Santa Teresa) e a Santos ermitões (S. João Baptista). Ao todo foram construídas onze ermidas com os seguintes nomes: Ermida de Santo Elias, de Santa Teresa, de S. João Baptista, de S. Miguel, de São José, de Nossa Senhora da Conceição, do Sepulcro,

do Calvário, de Nossa Senhora da Expectação, do Santíssimo Sacramento, e de Nossa Senhora da Assunção (Gomes, 2005) (Fundação da Mata do Bussaco, 2012).

Não são conhecidas as datas de fundações de todas estas construções, mas pela datação de algumas delas podemos afirmar que foram fundadas a partir dos anos 40, no séc. XVII.

Na sua grande maioria têm em planta uma forma quadrada onde possuíam um oratório, um local de descanso, um local onde os religiosos podiam preparar a sua comida e se aquecer, e uma sacristia. Anexado à ermida havia uma pequena horta onde podiam cultivar os seus alimentos. À semelhança do convento estas ermidas também têm o teto coberto de cortiça no seu interior. No seu exterior existe um sino que servia para o religioso dar sinal que acompanhava a oração do coro do convento (Figura 3) (Castro, 1896).



Figura 3 - Ermida de habitação de S. José.

A ermida do Calvário foge a este estilo distinguindo-se notavelmente de todas as outras. Fundada em 1694 por D. João de Melo, e pretende homenagear o momento da crucificação de Jesus. Em planta, esta ermida exibe uma forma hexagonal e uma forma quadrangular “amarrada” a esta (Figura 4). A parte hexagonal corresponde ao oratório, onde o seu teto eleva-se numa cúpula hexagonal, ficando superior ao resto da ermida. A parte quadrangular diz respeito a um lavatório, uma casa de fogo, e uma sala de descanso. No seu exterior existe um miradouro sobre a vasta mata do Buçaco (Figura 6). O exterior e interior da ermida é decorado com embrechados (Figura 5). (Gomes, 2005) (Castro, 1896).

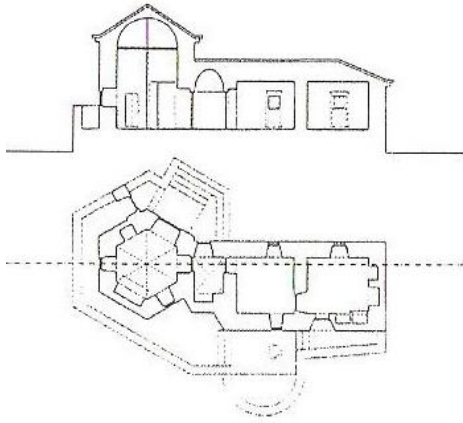


Figura 4 - Planta e corte da Ermita do Calvário. (Gomes, 2005).



Figura 5 - Ermita do Calvário. (Camara Municipal da Mealhada, 2013).



Figura 6 - Vista do miradouro da ermida do Calvário. (Camara Municipal da Mealhada, 2013).

Para além destas ermidas de habitação foram construídas ermidas de devoção, ou capelas, que constituem a Via-Sacra do Buçaco.

A Via-Sacra data do final do séc. XV e é uma criação italiana que pretende fazer uma representação dos Passos percorridos por Jesus Cristo, desde da sua condenação (Passos da Prisão) até à sua crucificação (Passos da Paixão) (Fundação da Mata do Bussaco, 2012).

Esta representação foi introduzida no “deserto” do Buçaco Pelo Reitor da Universidade de Coimbra, Bispo-Conde Manuel de Saldanha, a partir de 1644. Inicialmente os passos eram marcados com uma cruz de madeira do Brasil e um letreiro com a descrição do Passo. Posteriormente, antes de 1695, D. João de Melo ordenou a construção de capelas substituindo assim as cruzeiras (Gomes, 2005) (Castro, 1896).

Na Via-Sacra do Buçaco as distâncias entre os diferentes momentos do percurso, são fielmente reproduzidos, com uma extensão total de cerca de três quilómetros. A evolução da Via-Sacra continua com a inclusão dos Passos de Cedron (que não consta nas sagradas escrituras): a Porta de Siloé, a Porta Judiciária, o Pretório, o Calvário. Este conjunto e a vegetação envolvente torna a Via-Sacra do Buçaco única em todo o mundo (Fundação da Mata do Bussaco, 2012).

São vinte os passos que compõem a Via-Sacra do Buçaco, sendo os primeiros seis referentes aos Passos da Prisão, e os restantes destinam-se à representação dos Passos da Paixão de Cristo.

Invocando a Capela da Virgem no monte Carmelo, as capelas da Via-Sacra do Buçaco têm em planta uma forma quadrada, de pequena dimensão, com telhado em quatro águas. São construídas em pedra, e decoradas exteriormente com faixas de embrechados (Figura 7). Em contraste com estas capelas está a varanda de Pilatos, com uma escadaria de 28 degraus no seu interior (Figura 8), representando os degraus que Jesus Cristo subiu até à varanda do palácio de Pilatos (Gomes, 2005).



Figura 7 - Capela dos Passos do encontro da Virgem. (*Camara Municipal da Mealhada, 2013*).

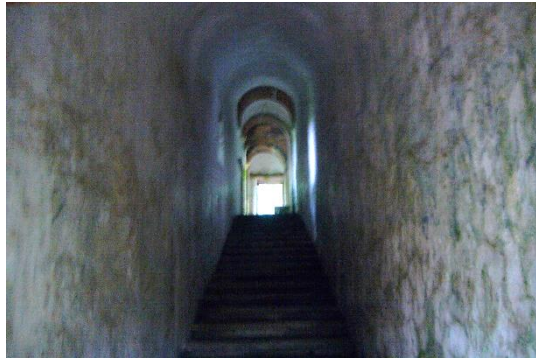


Figura 8 - Degraus da varanda de Pilatos.



Figura 9 - Imagem antiga da varanda de Pilatos. (*Camara Municipal da Mealhada, 2013*).

No interior destas capelas encontra-se a representação correspondente a cada momento, que inicialmente eram representadas por pinturas, sendo substituídas por figuras produzidas a mando de D. António Vasconcelos. Essas figuras foram destruídas com o passar dos anos, tendo sido encomendadas novas esculturas a Rafael Bordalo Pinheiro, que devido a falta de financiamento e sua morte, foram executadas apenas nove cenas dos passos da paixão, e da prisão, que nunca chegaram a ser instaladas no Buçaco. Por fim, já no séc. XX, o escultor Costa Mota criou figuras de barro para as capelas dos passos (Figura 10). (Fundação da Mata do Bussaco, 2012).

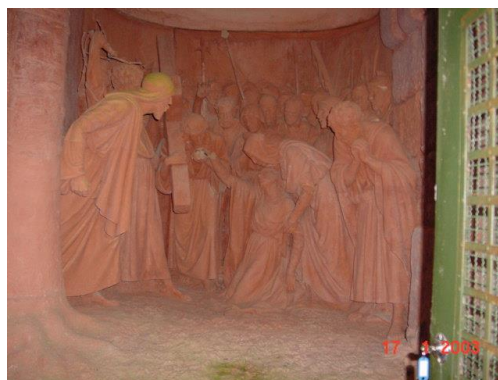


Figura 10 - Grupo escultório dos passos do encontro da Virgem. (*Camara Municipal da Mealhada, 2013*).

O “deserto” Carmelita Descalço do Buçaco contém outras obras de grande importância, como fontes, de onde se destaca a escadaria da Fonte Fria, Capelas, Portas de entrada na mata do Buçaco, e a Cruz Alta.

É de referir também que foi na mata do Buçaco que ocorreu a 27 de Setembro de 1810 a famosa Batalha do Buçaco, onde o exército anglo-luso, liderado pelo Tenente-general Arthur Wellesley, combateu contra a terceira invasão francesa, comandada pelo Marechal André Masséna. No final a vitória tendeu para o lado anglo-luso. (Castro, 1896)

2.2. TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Os trabalhos em embrechados e a utilização de cortiça são duas técnicas bastante visíveis nas construções do Convento de Santa Cruz e na Via-Sacra do Buçaco, ambas com objetivo numa vertente estética e decorativa, e com uma importância histórica muito relevante, como são os embrechados, relacionados com construções realizadas na Antiguidade clássica. A utilização da cortiça revestindo tetos, paredes, bancos e portas, é meramente decorativo mas pode conferir um melhor desempenho térmico, embora esta mais valia possa não ter sido colocada com objetivo no momento da construção.

Para se falar destas duas técnicas de construção fará mais sentido descrever primeiramente as técnicas utilizadas na construção de paredes, ou seja, alvenaria, e nas técnicas utilizadas na construção de coberturas, uma vez que sem estas os embrechados e a cortiça não seriam aplicados.

2.2.1. ALVENARIA

Como é referido no livro escrito pelo autor Paulo Varela Gomes, *Buçaco – O deserto dos Carmelitas Descalços*, as construções das paredes dos edifícios da mata do Buçaco eram executadas utilizando pedras rústicas. Não existem referências sobre o tipo de rochas utilizadas na execução das paredes de alvenaria, mas como esta ordem religiosa eram conhecida pelo aproveitamento de recursos locais, é possível que as pedras utilizadas fossem quartzitos, calcários e arenitos, presentes na mata do Buçaco e arredores, como foi verificado na carta geológica de Portugal (LNEG, 2010). Estas pedras eram colocadas umas em cima das outras de forma a que ficassem bem acomodadas e estáveis, sendo os espaços entre elas preenchidos com argamassa de assentamento com ligante de cal aérea.

Nas construções das ermidas de habitação e capelas da Via-Sacra, as alturas das paredes não são muito elevadas, principalmente nas capelas da Via-Sacra, assim como as próprias

dimensões em planta. Nestes edifícios, tanto janelas como portas têm dimensões reduzidas, as portas com cerca de 1,79 m de altura e 0,9 de largura, e as janelas com 0,66 m de altura e 0,56 m de largura, e os seus contornos são realizados com pedras de cantaria com formas retilíneas. O revestimento das paredes, interiores ou exteriores, é feito como argamassa de cal aérea. Nas paredes exteriores das capelas, para além de revestimento de argamassa de cal aérea foram executados embrechados utilizando fragmentos de pedra e argamassa de cal aérea.

No Convento de Santa Cruz as dimensões das paredes, janelas e portas são um pouco superiores. As janelas e portas também são contornadas com pedras esculpidas, e o revestimento de paredes é efetuado com argamassa de cal aérea, principalmente nas paredes interiores e exteriores do claustro, e embrechados, nas paredes de entrada do convento.

2.2.2. COBERTURA

Nos diferentes edifícios da mata do Buçaco, ermidas de habitação, Convento de Santa Cruz e capelas da Via-Sacra, os materiais utilizados na cobertura são os mesmos, madeira e telhas cerâmicas em canudo.

A estrutura da cobertura é toda realizada em madeira e está assente no topo das paredes de alvenaria. Característico à data de construção, época essa onde não existia tecnologia de serragem como a atual, a secção transversal de cada um dos elementos que compõem a estrutura da cobertura apresenta uma forma aproximadamente circular, semelhante à secção transversal do tronco da árvore originária.

Sobre a estrutura da cobertura eram posteriormente colocadas telhas canudo, com um aspeto muito artesanal, com dimensões características e não precisamente idênticas umas às outras. Nas capelas da Via-Sacra e ermidas de habitações, as telhas têm uma disposição normal para telhas em canudo, com fileiras de telhas com a parte côncava voltada para cima e outras fileiras de telhas com a parte côncava voltada para baixo a sobrepô-las (Figura 11 a)). Já no convento encontramos uma disposição particular, nomeadamente na cobertura do claustro, onde existe uma disposição como a referida anteriormente, mas sobre essa disposição são colocadas outras fileiras de telhas com a parte côncava virada para cima e a junção entre fileiras é efetuada com argamassa (Figura 11 b)).

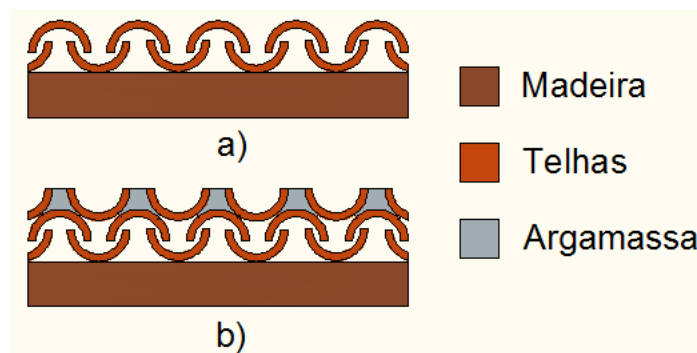


Figura 11 - Disposição das telhas na cobertura das ermidas de habitação e capelas a), e convento b).

2.2.3. EMBRECHADOS

Os embrechados são um tipo de revestimento decorativo que se tornou muito comum em Portugal. Por cá, este tipo de revestimento é frequentemente encontrado em revestimento de nichos, fontes, outros lugares com água e mais raramente no interior de capelas. (Albergaria, 1997)

A origem deste tipo de revestimento está ligada com a época mitologia, Antiguidade clássica. Nessa época eram construídas grutas e ninfeus onde este tipo de revestimento era utilizado, inicialmente realizado com conchas, que criavam imagens alusivas à mitologia grega (Albergaria, 1997).

Com o passar dos anos, mais propriamente em meados do século XVI, este conceito de gruta e consequentemente o revestimento de embrechados expandiu-se chegando a França, Alemanha, Inglaterra e Flandres (Albergaria, 1997).

Exemplo destes tipos de gruta e embrechados na Europa, nomeadamente em França, são a gruta de la Bastie (1551) do castelo de Cláudio d' Urfé, e a gruta de Thétis (1664-65) em Versailles (Albergaria, 1997).

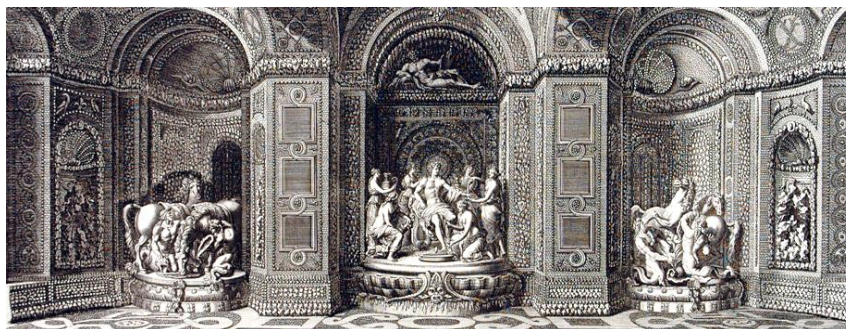


Figura 12 - Gruta de Thétis em Versailles. (*Versailles 3D*, 2014)



Figura 13 - Gruta de la Bastie. (*La Bastie d'Urfé en Forez*, 2007)

É através deste conceito de gruta da Antiguidade clássica que se pode supor que os trabalhos de embrechados tenham chegado a Portugal, isto apesar de em Portugal não existir nenhum exemplar que possa ser associado a uma gruta. O mais próximo desta tipologia de gruta que se podia encontrar era no Palácio da Fronteira em Lisboa, onde existiam “grutas adornadas com madrepérola, pedaços de porcelana, vidros de várias cores, esquirolas de mármore de diversas espécies...” (Albergaria, 1997).

Em 1713, e pela mão de Pe. Raphael Bluteau, o termo embrechado surge fixado no dicionário Português como a seguinte definição, “*Pedrinhas, conchas, bocados de cristal e de outras matérias com que se fazem rochas e grutas nos jardins*”, onde fica claro o conhecimento do tema da gruta de feição rústica (Albergaria, 1997).

Em Portugal os materiais utilizados na execução dos embrechados eram conchas provenientes da costa atlântica portuguesa e do Mar Mediterrâneo, seixos de pedras calcária ou basálticas retiradas das pedreiras da região, vidros coloridos vindos de Itália e porcelanas

chinesa. Os vidros coloridos eram utilizados como forma de imitar pedras preciosas como esmeraldas e turquesas. (Albergaria, 1997).

Apesar de em Portugal não existir nenhum exemplar que possa ser associado a uma gruta da antiguidade clássica, a técnica de execução de embrechados está presente em muitos jardins portugueses, decorando elementos como fontes, bancos, paredes, e outros locais de água. Só no Palácio de Fronteira é possível encontrar vários trabalhos em embrechados, nomeadamente na fonte da carranquinha, na casa do lago e no átrio da capela, onde se recorre ao uso de matérias vítreas coloridos, conchas e loiça chinesa. Na região do Alentejo existe uma quinta, conhecida por “Paço dos Henriques”, onde é possível encontrar embrechados na capela de S. Jerónimo e na sacristia anexa. Para além destes locais, trabalhos menos extensos em embrechados encontram-se um pouco por todo Portugal continental, como é o caso da quinta das Águas Férreas (Belas) e da quinta da Conceição (Barcarena), e nas ilhas atlânticas, mais precisamente em S. Miguel e no Faial (Albergaria, 1997).

Trabalhos em embrechados estão também presentes em conventos e capelas, mas nestes edificadas a inspiração não vem da mitologia da Antiguidade clássica, mas sim de grutas da Terra Santa ligadas a milagres cristãos, e a grutas procuradas por santos eremitas para o retiro do mundo. O Convento de Santa Cruz na mata do Buçaco e o Convento dos Capuchos na serra de Sintra, são exemplos de locais eremitas onde se podem encontrar vários trabalhos realizados em embrechados (Albergaria, 1997).



Figura 14 - Embrechados numa Fonte, Convento dos Capuchos, Serra.
(Portugal – Convento dos Capuchos - Sintra, 2012)

No Convento de Santa Cruz do Buçaco é possível observar estes trabalhos em embrechados na entrada do próprio convento (figura 15), nas várias portas de entrada da mata do Buçaco

(figura 16), na escadaria da fonte, nas fontes de água, e nas capelas que compõem a Via-Sacra do Buçaco.

Os embrechados são constituídos por pequenos fragmentos de basalto, quartzo, escórias ferruginosas, e cerâmica. (Fundação da Mata do Bussaco, 2012)

As ilustrações nos embrechados dos edifícios do Buçaco variam consoante o edifício. Nas capelas da Via-Sacra os embrechados delimitam os contornos da capela, janelas, e portas, com uma faixa de fragmentos brancos (quartzo) e outra de faixa de fragmentos escuros (pedras vulcânicas ou jorra). Nas portas de entrada na mata do Buçaco e no Convento é possível observar que estão representados nos embrechados símbolos de cariz religioso. Também é possível observar ilustrações de natureza e vários padrões.



Figura 15 - Embrechados no muro da portaria.



Figura 16 - Porta de Coimbra (embrechados), Convento de Santa Cruz, Bussaco. (Luso / Tapada do Buçaco, 2012)

2.2.4. CORTIÇA

A cortiça é a casca do tronco e ramos de uma árvore chamada sobreiro, e é, nos dias que correm, um material muito utilizado em várias finalidades, nomeadamente na construção civil. Mas este material já era utilizado desde a Antiguidade, embora como artefacto flutuante e vedante, como é o caso das rolas das garrafas de vinho.

A cortiça tem muitas e ótimas características que a tornam numa material muito útil na área da construção civil. É um material leve e elástico, tornando-o fácil de ser manuseado, é impermeável a líquidos e gases, é um bom isolante térmico, elétrico e acústico. Para além

disso, tem um bom desempenho à compressão não ocorrendo praticamente expansão lateral, é inócuo e praticamente imputrescível (Gil, 2006).

Com estas características, a cortiça tem imensas aplicações na construção civil. É utilizado como revestimento de pavimentos, garantindo um aspeto estético interessante e uma ótima durabilidade (Gil, 2006).

A cortiça é aplicada em edifícios como isolante acústico, devido ao seu bom desempenho acústico aéreo, reduzindo muito significativamente o tempo de reverberação, e bom desempenho em som de percussão, reduzindo a transmissão de som por impacto.

Outra aplicação da cortiça em construção é a sua utilização como isolante térmico. A cortiça reduz muito significativamente a transmissão térmica entre o exterior e interior de uma habitação, reduz a condensação superficial, e para além disso, tem uma boa inércia térmica, permitindo maior permanência de calor ou frio.

Como já foi referido neste capítulo, é possível observar no Convento de Santa Cruz e nas ermidas de habitação que os tetos, e algumas paredes, são revestidos de cortiça. Afirmar que a utilização de cortiça nestes edifícios está diretamente relacionada com um melhor isolamento térmico é um pouco arriscado, pois a cortiça naquela época era considerado um material pobre. Provavelmente a utilização de cortiça como revestimento de tetos, paredes e bancos, está mais relacionada com questões eminentemente doutrinárias e estéticas associadas a serem produto de árvores autóctones.

Considerando a ideia de que a cortiça tivesse sido aplicada com o objetivo de melhorar de forma significativa o comportamento térmico destes edifícios, seria um facto muito interessante, porque se se tratasse de uma construção corrente seria banal, mas quando estamos a falar em edifícios que datam do séc. XVII é muito impressionante.

A utilização da cortiça dá-nos uma boa ideia de como esta ordem religiosa construía utilizando materiais considerados pobres e que davam uma estética agradável, mas também tiravam, consciente ou inconscientemente, partido das características físicas desses materiais para um melhor desempenho, neste caso térmico.

À semelhança dos embrechados, a utilização da cortiça também é observada nas construções do Convento dos Capuchos em Sintra, forrando paredes, portas, janelas, tetos e bancos. A utilização de ambas estas técnicas de construção nos dois conventos, com um cariz mais

estético e decorativo, demonstra um estilo muito semelhante de construção entre estas duas ordens mendicantes.

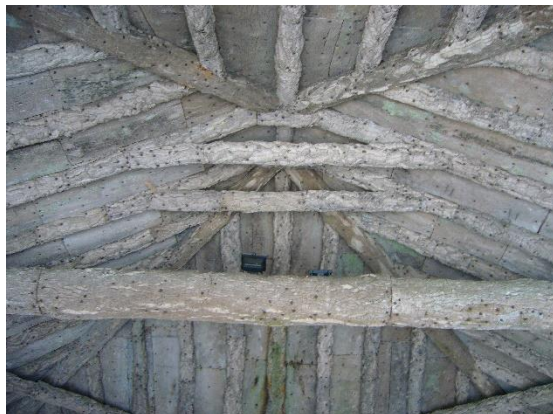


Figura 17 - Cortiça no teto da portaria do Convento de Santa Cruz.



Figura 18 - Cortiça aplicada num edifício do Convento dos Capuchos. (Miranda, 2005)

2.3. INTERVENÇÕES

O Convento de Santa Cruz e a Via-Sacra do Buçaco foram alvos de várias intervenções ao nível do edificado desde do momento da sua construção. Essas intervenções foram registadas ao longo dos anos, e estão disponíveis no sítio, *monumentos.pt*. Esta informação é útil para se perceber a localização dos materiais que foram originalmente utilizados na sua construção, de forma a puderem ser retiradas amostras, tendo em atenção que a informação reporta “apenas” às intervenções realizadas após 1957.

Abaixo estão apresentadas as intervenções realizadas ao nível dos sistemas de revestimentos do Convento e da Via-Sacra, ou que têm a reabilitação desses sistemas implicados:

- 1958 - Reparação e beneficiação da igreja do convento: picagem de rebocos, reparação de cantarias em vãos, execução de novos rebocos na torre;
- 1960 - Beneficiação do conjunto da Via-Sacra, (à exceção das capelas do Calvário e Sepulcro): reparação de paredes, arranjo e consolidação de pavimentos;

- 1961 - Beneficiação do conjunto do calvário: reconstrução da cobertura, consolidação das paredes, refechamento de juntas, reparação dos rebocos e caiação, construção e assentamento de janelas e portas, restauro e consolidação de tetos em forro de cortiça;
- 1967 - Beneficiação das capelas e ermidas da mata:
 - Ermida de Nossa Senhora da Assunção - restauro da cobertura, consolidação de paredes interiores e tetos;
 - Ermida de Santo Elias - restauro da cobertura, consolidação, reconstrução de pavimentos de madeira;
 - Ermida do Santíssimo Sacramento - consolidação das ruínas da Ermida;
 - Ermida de São José - reparação do telhado, consolidação de paredes;
 - Ermida de São João do Deserto - reconstrução de telhados, fenestração, tetos em placa de cortiça e pavimentos, consolidação de paredes;
 - Ermida do Sepulcro - reconstrução do telhado, consolidação de paredes e tetos;
 - Capela de São João da Cruz - reparação da cobertura e paredes, restauro do revestimento dos cunhais;
 - Capela de São Pedro - reconstrução da cobertura, arranjo de paredes;
 - Capela de Santa Madalena - restauro das paredes;
 - Capela de Santo Antão - arranjo de paredes;
 - Passos do Horto - reconstrução do telhado, consolidação das paredes;
 - Passos de Jordão - reconstrução do telhado, consolidação de paredes;
 - Passos da Porta de Cedron - reparação do telhado e paredes, restauro dos cunhais e socos;
 - Porta de Siloé - restauro e consolidação de paredes;
 - Passos de Anaz - reparação do telhado e parede, restauro dos cunhais;
 - Passos de Caifaz - reparação do telhado e paredes, restauro dos cunhais e soco;
 - Passos de Herodes - reparação do telhado e paredes, restauro dos cunhais e soco;
 - Fonte da Samaritana - reparação da cobertura;
- 1984 / 1985 - Obras de conservação no interior da igreja: picagem de rebocos em paredes e tetos, execução de novos rebocos;
- 1998 - Reparação do telhado da Ermida do Sepulcro;

- 2000 - Consolidação de paredes, fundações e beneficiação de coberturas da Ermida de São Miguel.

Para além destas intervenções registadas por este site, foram encontradas informações de intervenções realizadas anteriormente a estas.

- 1863 - Ermida do Sepulcro Reabilitada por Francisco Augusto Furtado de Mesquita Paiva Pinto; (Castro, 1896)
- 1866 - Ermida de Nossa Senhora da Conceição foi reparada pelo Sr. Conselheiro Ernesto de Faria. (Castro, 1896)

Estes dados encontrados não põem de parte a hipótese de terem ocorridos mais intervenções, por mais pequenas que sejam, que não foram registadas, isto porque, os registos encontrados não englobam toda a vida dos edificadros. Os dados obtidos também não revelam de forma clara o grau de intervenção, sendo possível que algumas reparações impliquem a execução de intervenções mais profundas.

2.4. ESTADO ATUAL DO MONUMENTO

Edifícios com muitos anos de vida, neste caso centenas de anos, sofrem danos na sua estrutura e revestimentos. Esses danos têm como causa a ação humana e fenómenos naturais. Quando falamos de causas humanas referimo-nos, por exemplo, a vandalismo, intervenções para instalação de tubagens, explosões, ou como no caso do convento, demolição parcial para dar lugar ao Hotel Palace. Temporais, humidade, são causas naturais que podem originar danos no edifício. Um exemplo de causa natural são os ciclones, um ocorrido a 15 de fevereiro de 1941, causando muito prejuízos que foram recuperados pelo Estado Português, ocorrendo obras de reconstrução e plantações, e mais recentemente a ciclogénese explosiva de 19 de janeiro de 2013.

2.4.1. VIA-SACRA DO BUÇACO

No dia 19 de janeiro de 2013 a mata do Buçaco foi assolada por uma situação de ciclogénese explosiva, que se caracteriza por um decréscimo muito acentuado da pressão atmosférica no centro de uma depressão num curto intervalo de tempo (IPMA - Instituto Português do Mar

e da Atmosfera, 2013), destruindo muito património natural e construído. Centenas de árvores centenárias foram derrubadas e outras foram partidas, deixando muitos dos trilhos da Via-Sacra do Buçaco, senão todos, completamente intransitáveis (Figura 18). O famoso cedro de S. José, plantado antes de 1644, foi arrasado ficando apenas o tronco principal e alguns ramos no seu topo (Figura 19). Na realidade esta árvore é um cipreste lusitano introduzido na mata do Buçaco e oriundo da América Central, ficando conhecido como sendo o cedro de Portugal.



Figura 19 - Trilho da Via-Sacra impedido.

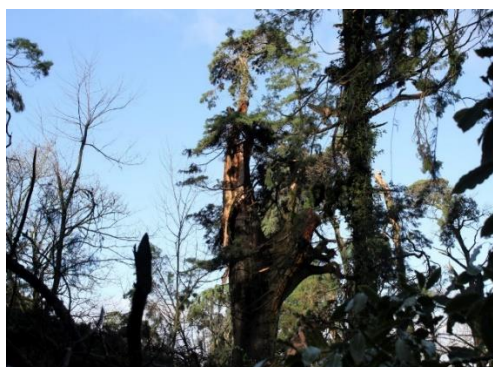


Figura 20 - Cedro (cipreste) de S. José.
(Carrero, 2013)

Para além de parte do património natural ficar destruído, a queda destas árvores afetou muito do património construído, referente à Via-Sacra. Algumas capelas da Via-Sacra e ermidas de habitação foram parcialmente destruídas, incluindo a varanda de Pilatos.



Figura 21 - Capela destruída.



Figura 22 - Ermida de habitação destruída.

Apesar deste fenómeno natural ter sido o principal causador dos danos observados no património, foi possível registar um avanço da vegetação envolvente, em relação ao

edificado, deixando capelas parcialmente cobertas (Figura 23), e locais com uma humidade excessiva, evidenciadas pela presença de manchas escuras (Figura 24).



Figura 23 - Avanço da vegetação sobre o edificado.



Figura 24 – Presença de Humidade (manchas pretas).

Em algumas capelas da Via-Sacra foram verificadas várias situações de destacamento de embrechados das paredes, telhas da cobertura danificadas, e nas ermidas de habitação o revestimento interior de cortiça do teto encontrava-se destacado por oxidação dos elementos de fixação (pregos), derivado, provavelmente, ao mau funcionamento da cobertura.



Figura 25 - Desprendimento de embrechados.

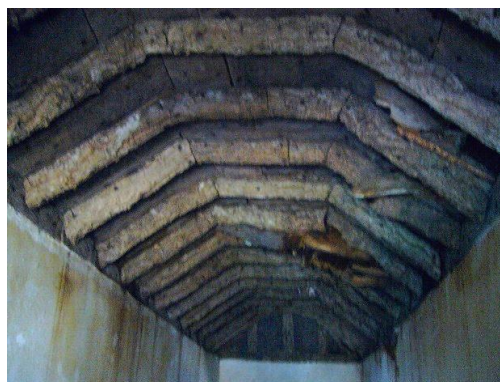


Figura 26 - Revestimento de cortiça em mau estado.

Na capela do Passo do Pretório, uma das capelas afetadas pela queda de árvores, foi possível observar que a quando de uma obra de reabilitação desta capela, foram utilizados matérias completamente distintos dos que originalmente foram utilizados na sua construção. Foram

utilizados tijolos cerâmicos na consolidação das paredes ao invés de pedra rústica utilizada no momento da sua construção, como é evidenciado na figura 27.



Figura 27 - Tijolos em parede de pedra.

A utilização de materiais não originais, e ou, com características físicas distintas das originais também é observada nas coberturas, onde foram utilizadas telhas com aspeto recente, visto que as suas formas são muito precisas e idênticas de telha para telha (Figura 28), o que se leva a supor que foram produzidas em prensas, enquanto nas telhas originais as formas variam de telha para telha não existindo duas telhas iguais.



Figura 28 - Telhas não originais.

Em algumas construções é possível observar que a estrutura de madeira que suporta cobertura foi parcialmente ou totalmente substituída por novos elementos. Pode-se fazer esta afirmação porque os elementos originais da estrutura têm uma secção transversal com a forma aproximada de uma circunferência, ou de um tronco, e encontram-se vários elementos

com secção transversal quadrangular (Figura 29), o que sugere corte com serra de precisão não existente no séc. XVII.

Algumas coberturas encontram-se totalmente colapsadas e outras encontram-se parcialmente danificada e com a restante parte em iminente risco de colapso, devido ao apodrecimento de elementos da estrutura da cobertura (Figura 30).



Figura 29 - Elementos da cobertura com secção quadrangular.

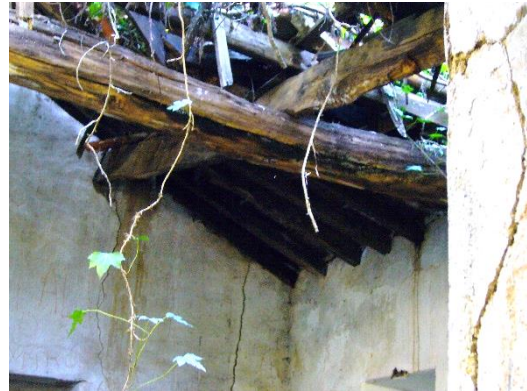


Figura 30 - Elementos da cobertura em mau estado de conservação.

Em geral, este monumento nacional encontra-se em muito mau estado de conservação, muito por culpa do fenómeno de ciclogénese explosiva, que afetou de forma devastadora o património construído e natural da Via-Sacra, associado a vários anos com ações de manutenção insuficientes.

2.4.2. CONVENTO DE SANTA CRUZ

Como foi referindo no enquadramento histórico, o Convento de Santa Cruz foi parcialmente demolido em 1888 para dar lugar ao Hotel Palace. O refeitório, livraria, hospedaria foram demolidas, permanecendo a entrada do convento, o claustro e a igreja em forma de cruz no seu centro.

O que resta do Convento de Santa Cruz encontra-se em melhor estado de conservação que a Via-Sacra muito pelo facto de se encontrar fora de mata, não sofrendo danos pela queda de árvores no ciclone. Mesmo assim foram detetadas alguns danos no edificado. À semelhança das capelas da Via-Sacra foi observado o destacamento de embrechados (Figura 31), e foi

detetado um dano provocado por obras anteriormente realizadas, neste caso, a instalação de tubagens (Figura 32).



Figura 31 - Desprendimento de embrechados no convento.



Figura 32 - Dano provocado por obras.

No Convento foram identificadas diferentes argamassas no mesmo local, evidenciadas pela sua diferente coloração, que leva a ponderar a hipótese de serem argamassas de épocas diferentes, e observou-se a presença de elementos cerâmicos misturados na argamassa (Figura 33).



Figura 33 - Diferentes argamassas com elementos cerâmicos

Na cobertura do convento, mais especificamente na cobertura do claustro, observou-se uma configuração estranha na colocação das telhas cerâmicas, ficando a sensação de que falta todo o conjunto de cobertas por colocar sobre os canudos (Figura 34). Também foi possível verificar que existem várias telhas danificadas (Figura 35). Como consequência do mau

estado da cobertura, existem dentro do convento sinais de infiltrações, ocorrendo mesmo a formação de musgos, formação essa que só é possível com níveis de humidade elevados e continuados. Em dias de fortes chuvas a infiltração de água é elevada, ocorrendo a formação de poças de água no claustro e na igreja.



Figura 34 - Estrutura da cobertura do convento.



Figura 35 - Telhas danificadas no convento.

Geralmente, e sem esquecer o facto da demolição de parte do convento, pode-se afirmar que o resta do Convento de Santa Cruz está em melhor estado de conservação do que a Via-Sacra, apesar de também apresentar os danos referidos anteriormente. Isto deve-se, como já foi referido, a uma localização mais ampla, longe do perigo de queda de árvores, provocada pelo fenómeno meteorológico, ciclogénese explosiva. O facto de ocorrer a utilização deste equipamento leva a que o estado seja menos gravoso.

2.4.3. EXEMPLOS DE DEGRADAÇÃO EM ALGUNS EDIFÍCIOS

Abaixo estão representadas em desenho vetorial a fachada da capela nominada Passo da Verónica, ou simplesmente capela 26 e a fachada da Varanda de Pilatos. Nestes desenhos é possível observar os materiais utilizados nas fachadas (Figura 36 e 38) e também é possível observar os danos que cada uma das fachadas ostenta (Figura 37 e 39).

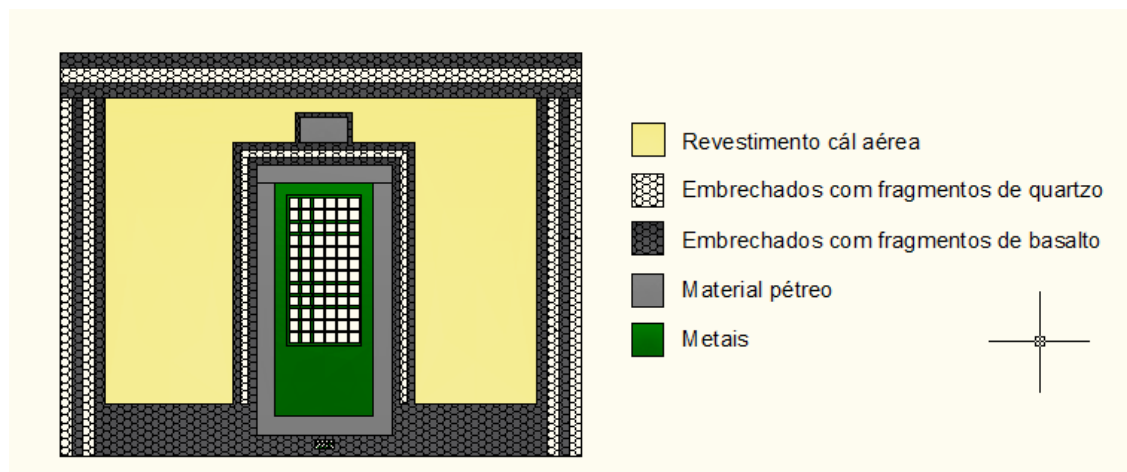


Figura 36 - Desenho da fachada principal da capela 26, com identificação dos materiais presentes.

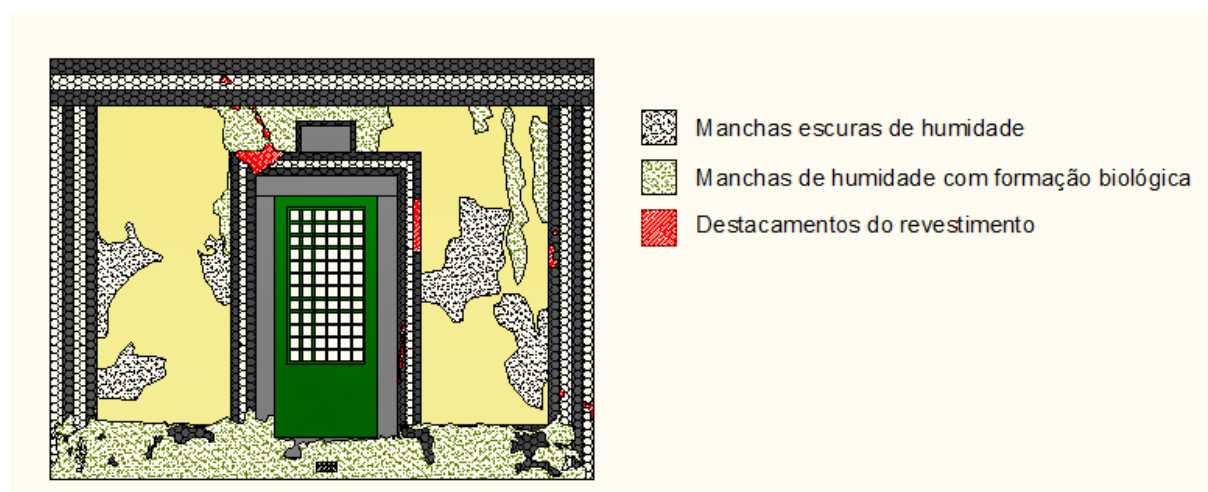


Figura 37 - Desenho das anomalias na Capela 26.

Na capela 26 verificam-se manchas escuras e verdes, o que indica sinais de formação biológica, relacionados com a constante presença de humidade. O facto de estas capelas estarem inseridas no meio de muita vegetação dificulta a entrada de luz solar, isto condicionada a secagem de certas zonas do edifício ocorrendo assim a formação das manchas em questão.

O destacamento de revestimento é outro dano presente nesta capela. Como é possível verificar na figura 37 o destacamento de revestimento ocorre maioritariamente ao nível dos embrechados, ocorrendo pouco destacamento ao nível dos revestimentos com argamassa de cal aérea.

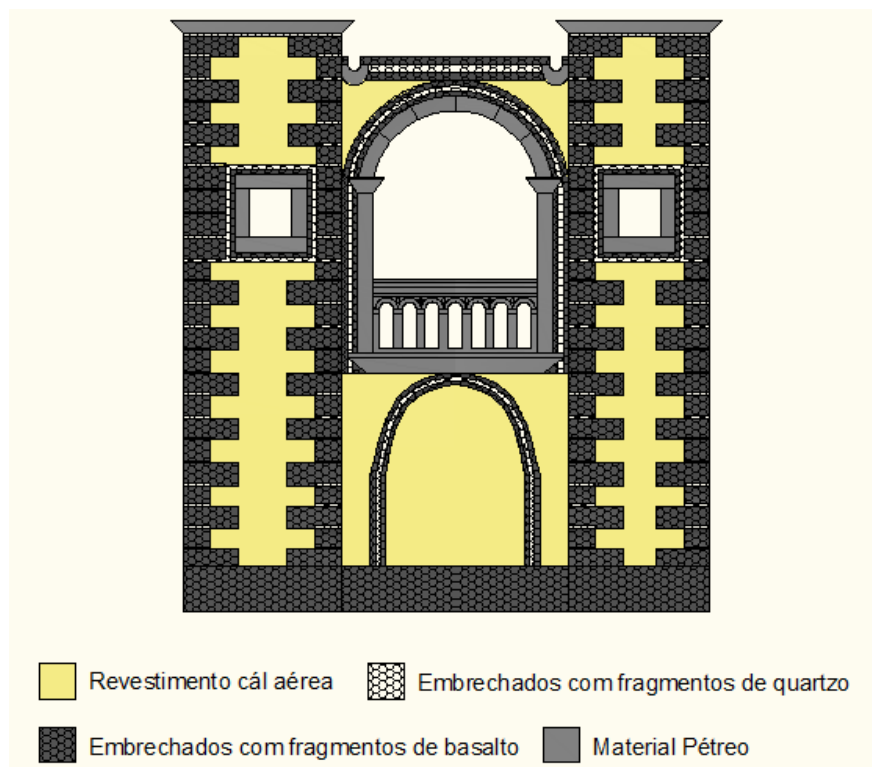


Figura 38 - Desenho da fachada da Varanda de Pilatos, com identificação dos materiais presentes.

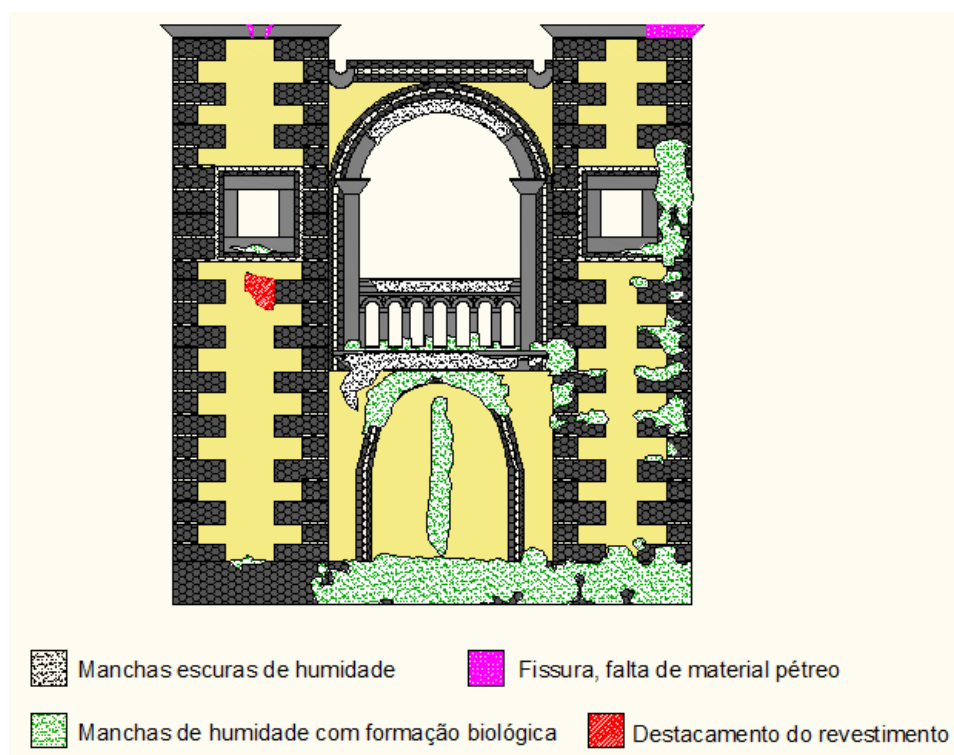


Figura 39 - Desenho das anomalias na Varanda de Pilatos.

À semelhança da capela 26 a Varanda de Pilatos apresenta na sua maioria manchas escuras e verdes, causadas pela humidade e pela colonização biológica (musgos e algas, principalmente). É possível verificar que existe destacamento de revestimento de argamassa de cal aérea e fissuras no material pétreo presente no topo da fachada, assim como a falta dele.

3. AMOSTRAGEM E ANÁLISE

3.1. TÉCNICA DE AMOSTRAGEM

Com objetivo de conhecer as tecnologias construtivas e as propriedades dos materiais aplicados pela ordem dos Carmelitas Descalços do Buçaco, efetuou-se a recolha de amostras que parecessem ser de materiais originalmente utilizadas para a construção dos edifícios.

A recolha foi realizada em locais em vários estados de degradação para não causar mais danos aos edifícios em causa, e assim garantir a preservação do material original que se encontra em bom estado de conservação.

Devido a este aspeto não foi possível a recolha de amostras de grandes dimensões, nem foi possível a recolha de amostras a diferentes cotas, para uma melhor compreensão dos efeitos da ação dos agentes naturais a distintas alturas dos paramentos, sendo particularmente relevante o efeito da humidade nos suportes.

Procedeu-se então à recolha de material em fase de destacamento e com tamanho suficiente (cerca de 100g) para a realização de ensaios.

No Convento de Santa Cruz, pelo facto de ser uma zona mais frequentada por turistas, nos locais de recolha de amostras, optou-se também pelo critério de retirar amostras de zonas com degradações, tendo sido as áreas de recolha colmatadas com objetivo de bloquear o avanço da degradação a áreas adjacentes.

3.1.1. AMOSTRAGEM NO CONVENTO DE SANTA CRUZ

No Convento de Santa Cruz foram recolhidas três amostras de argamassa e quatro amostras de rocha.

Duas das amostras de argamassa eram de revestimento (C1-AR, C3-AR). A outra amostra era argamassa de assentamento, (C1-AA).

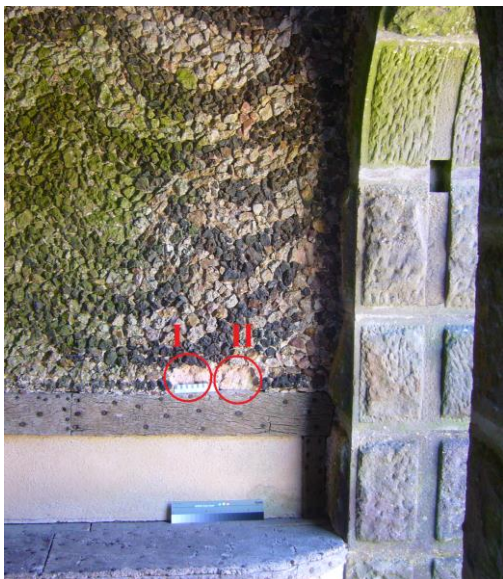


Figura 40 - Local de recolha das amostras
C1-AR (I) e C1-AA (II).



Figura 41 - Local de recolha da amostra
C3-AR.

As quatro amostras de rocha (C1-R1, C1-R2, C1-R3, C2-R) foi retiradas dos embrechados existentes na entrada do Convento de Santa Cruz.



Figura 42 - Embrechados do Convento de Santa Cruz.

3.1.2. AMOSTRAGEM NA VIA-SACRA DO BUÇACO.

Na capela 21 (Passo do Pretório) foram recolhidas seis amostras de argamassa e uma amostra de tijolo cerâmico (Cap21-Tij.). Três das amostras de argamassa são argamassas de

revestimento (Cap21-ARI, Cap21-ARII, Cap21-ARZT), duas argamassas de assentamento (Cap21-AA, Cap21-ARZT), e uma de assentamento de cobertura (Cap21-AC).



Figura 43 - Capela 21 (local de recolha de amostras).

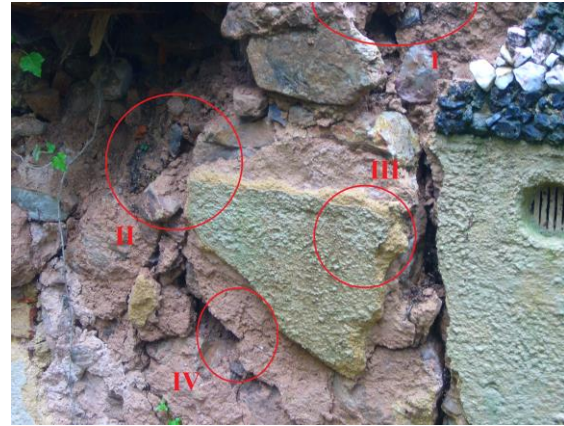


Figura 44 - Local de recolha das amostras Cap21-AC (I), Cap21-AA (II), Cap21-ARII (III), Cap21-ARI (IV).

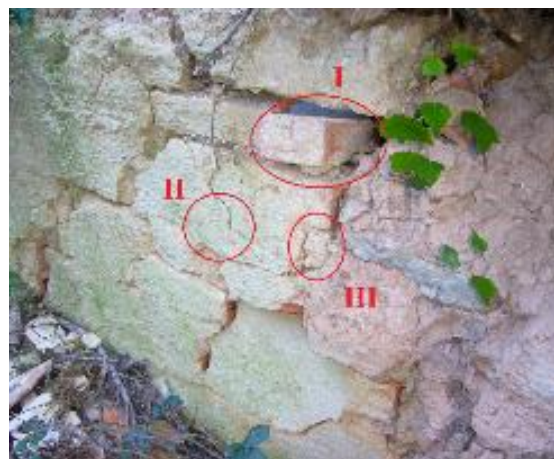


Figura 45 - Local de recolha das amostras Cap21-ARZT (II), Cap21-ARZT (III), Cap21-Tij. (I).

Na Varanda de Pilatos foram recolhidas duas amostras de argamassa, uma de rocha dos embrechados (VP-R), e uma de telha cerâmica (VP-T).

Uma amostra de argamassa era de revestimento (VP-AR) e a outra de beiral da cobertura (VP-AT).



Figura 46 - Varanda de Pilatos e locais de recolha das amostras, VP-AR (II), VP-AT (I), VP-T (I), VP-R1 (III).

Já na capela 25 (Passo do Cireneu) foi recolhida apenas uma amostra de argamassa de revestimento (Cap25-AR).



Figura 47 - Capela 25 e local de recolha da amostra Cap25-AR (I).



Figura 48 - Local de recolha da amostra Cap25-AR (I) ao pormenor.

Na capela 26 (Passo da Verónica) foram recolhidas duas amostras de argamassa de revestimento (Cap26-ARI, Cap26-ARII), que eram visualmente distintas.



Figura 49 – Fachada lateral da capela 26 e local de recolha das amostras.



Figura 50 - Locais de recolha das amostras Cap26-ARI (I) e Cap26-ARII (II).

Na Capela 27 (Passo da Segunda Queda) foram efetuadas três recolhas de amostras de argamassa de revestimento. Duas das amostras (Cap27-ARI, Cap27-ARII) apresentavam-se visualmente idênticas e a outra (Cap27-ARIII) distinguia-se claramente, apresentando uma aparência de argamassa de cimento.



Figura 51 - Capela 27 e locais de recolha das amostras Cap27-ARI (II), Cap27-ARII (III), Cap27-ARIII (I).

Na capela 29 (Passo da Terceira Queda) foi efetuada a recolha de uma argamassa de revestimento (Cap29-AR) e de uma argamassa de beiral da cobertura (Cap29-AT).



Figura 52 - Capela 29 e locais de recolha das amostras Cap29-AR (II) e Cap29-AT (I).



Figura 53 - Local de recolha da amostra Cap29-AR ao pormenor.



Figura 54 - Local de recolha da amostra Cap29-AT ao pormenor.

3.1.3. AMOSTRAGEM NAS ERMIDAS DE HABITAÇÃO

Na ermida de habitação de São José procedeu-se à recolha de duas amostras de argamassa de revestimento (ESJ-ARI, ESJ-ARII), duas amostras de argamassa do altar (ESJ-AAIt1, ESJ-AAIt2), uma amostra de tijolo do altar (ESJ-Tij.Alt), e uma amostra de pedra da janela (ESJ-RJ).



Figura 55 - Local de recolha da amostra
ESJ-RJ.



Figura 56 - Local de recolha da amostra
ESJ-ARI.



Figura 57 - Local de recolha da amostra ESJ-ARII.

Na ermida de habitação de Nossa Senhora Assunção foram efetuadas as recolhas de uma amostra de argamassa de revestimento (ENSA-AR), e uma amostra de telha cerâmica (ENSA-T).



Figura 58 - Local de recolha da amostra
ENSA-AR.



Figura 59 - Telha recolhida (ENSA-T).

3.1.4. TABELA SÍNTESE DA AMOSTRAGEM

A seguinte tabela (Tabela 1) faz uma breve revisão das amostras recolhidas nos vários edifícios da mata do Buçaco, a sua função no edificado, e no caso das amostras de argamassa, informa-nos a altura de recolha da amostra.

Tabela 1 - Síntese de amostragem

Amostra	Edifício	Função	Altura de recolha (m)
C1-AR	Convento de Santa Cruz	Argamassa de Revestimento exterior	1,05
C1-AA	Convento de Santa Cruz	Argamassa de assentamento	1.05
C1-R1	Convento de Santa Cruz	Rocha de embrechado	
C1-R2	Convento de Santa Cruz	Rocha de embrechado	
C1-R3	Convento de Santa Cruz	Rocha de embrechado	
C2-R	Convento de Santa Cruz	Rocha de embrechado	
C3-AR	Convento de Santa Cruz	Argamassa de Revestimento exterior	0.20
Cap21-ARI	Capela 21 (Passo do Pretório)	Argamassa de revestimento exterior	0.65
Cap21-ARII	Capela 21 (Passo do Pretório)	Argamassa de revestimento exterior	0.96
Cap21-AA	Capela 21 (Passo do Pretório)	Argamassa de assentamento	1.10
Cap21-AC	Capela 21 (Passo do Pretório)	Argamassa de assentamento da cobertura	1.53
Cap21-ARZT	Capela 21 (Passo do Pretório)	Argamassa de revestimento exterior	0.80
Cap21-AAZT	Capela 21 (Passo do Pretório)	Argamassa de assentamento	0.80
Cap21-Tij.	Capela 21 (Passo do Pretório)	Tijolo cerâmico	
VP-AR	Varanda de Pilatos	Argamassa de revestimento exterior	1.26
VP-AT	Varanda de Pilatos	Argamassa de beiral de cobertura	1.40

VP-R	Varanda de Pilatos	Rocha de embrechado	
VP-T	Varanda de Pilatos	Telha cerâmica	
Cap25-AR	Capela 25 (Passo do Cireneu)	Argamassa de revestimento exterior	0.09
Cap26-ARI	Capela 26 (Passo da Verónica)	Argamassa de revestimento exterior	0.87
Cap26-ARII	Capela 26 (Passo da Verónica)	Argamassa de revestimento exterior	0.87
Cap27-ARI	Capela 27 (Passo da 2ª Queda)	Argamassa de revestimento exterior	1.40
Cap27-ARII	Capela 27 (Passo da 2ª Queda)	Argamassa de revestimento exterior	0.80
Cap27-ARIII	Capela 27 (Passo da 2ª Queda)	Argamassa de revestimento exterior	1.70
Cap29-AR	Capela 29 (Passo da 3ª Queda)	Argamassa de revestimento exterior	1.54
Cap29-AT	Capela 29 (Passo da 3ª Queda)	Argamassa de beiral de cobertura	Altura da cobertura (> 2 m)
ESJ-ARI	Ermida de habitação de São José.	Argamassa de revestimento exterior	1.70
ESJ-ARII	Ermida de habitação de São José.	Argamassa de revestimento exterior	Altura superior a 3 m
ESJ-AAlt1	Ermida de habitação de São José.	Argamassa de revestimento do altar.	
ESJ-AAlt2	Ermida de habitação de São José.	Argamassa de tardo do altar.	
ESJ-Tij.Alt	Ermida de habitação de São José.	Tijolo do altar	
ESJ-RJ	Ermida de habitação de São José.	Rocha da janela	
ENSA-AR	Ermida de Nossa Senhora Assunção	Argamassa de revestimento exterior	2.03
ENSA-T	Ermida de Nossa Senhora Assunção	Telha cerâmica	

3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Sendo o principal objetivo a caracterização dos sistemas de revestimento do Convento e Via-Sacra do Buçaco desenhou-se uma campanha de ensaios laboratoriais para a determinação das propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas.

Para a determinação das propriedades mecânicas e físicas foram realizados ensaios de determinação da resistência mecânica à compressão, absorção de água por capilaridade, módulo de elasticidade dinâmico, granulometria do agregado, absorção máxima de água e impermeabilidade à água em telhas. A evolução da absorção de água ao longo do tempo e a consequente secagem são indicadores importantes dos efeitos de resistência à água e daí pôde-se obter informação quanto à durabilidade da argamassa. A determinação da granulometria do agregado é muito importante, pois está relacionada com a porosidade e, consequentemente, nas características e durabilidade da argamassa.

Para a determinação das propriedades químicas efetuou-se ensaios de fluorescência de raios X (FRX) e dissolução ácida. Com o ensaio de fluorescência de raios X (FRX) obteve-se a composição química da argamassa. A dissolução ácida permitiu estabelecer aproximadamente a composição percentual dos componentes da argamassa (ligante e agregado), embora possa não corresponder ao traço inicialmente utilizado, devido à dissolução de alguns constituintes pela água da chuva ou à sua decomposição por outras causas naturais.

A análise mineralógica foi efetuada recorrendo a difractometria de raios X (DRX), onde se pretendia determinar qualitativamente os minerais cristalinos existentes na amostra.

Tendo em consideração o número de ensaios a realizar e a limitação em termos de dimensão das amostras, foi seguido um plano de ensaios nas amostras de argamassa, para que fosse possível a realização de todos eles, realizando primeiramente ensaios não destrutivos, como a determinação do módulo de elasticidade e a absorção de água por capilaridade. Esse plano de ensaios está esquematizado na figura que se segue.

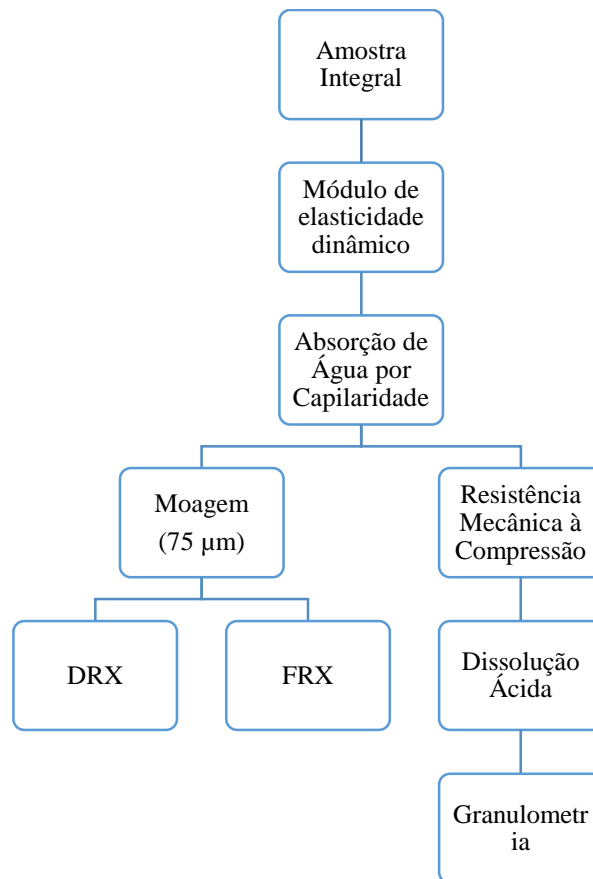


Figura 60 - Plano de ensaios das amostras de argamassa.

Nas amostras de argamassa foram realizados todos os ensaios exceto o módulo de elasticidade dinâmico, por se tratar de um ensaio que requer uma amostra com dimensão considerável e faces regulares, o que não foi possível.

Para amostras cerâmicas foi seguido o mesmo plano de ensaios não sendo realizados os ensaios de dissolução ácida e granulometria pelo facto de a informação retirada desses ensaios não ser relevante. No caso específico das telhas cerâmicas foram realizados os de ensaio de impermeabilidade e um ensaio de absorção máxima de água, substituindo o ensaio de absorção por capilaridade.

Para as amostras de rochas realizaram-se ensaios de DRX, FRX. Devido à pequena dimensão destas amostras, não foi possível realizar os ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade. Os ensaios de dissolução ácida e granulometria também não foram realizados por a informação retirada desses ensaios não ser relevante.

3.2.1. ENSAIO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO

Para este ensaio eram necessárias amostras com superfície regular, área superficial de 40x40mm, e espessura idealmente também de 40 mm.

No caso de não ser possível cumprir estes requisitos devido à variabilidade de formas das amostras de argamassa, aplicou-se um processo que consiste na utilização de uma argamassa de confinamento mais resistente e com uma forma regular.

Após a aplicação da argamassa de confinamento aguarda-se um período mínimo de 15 dias, para garantir a resistência da argamassa.



Figura 61 – Provete para o ensaio à compressão com confinamento

O ensaio de compressão efetuou-se numa prensa eletromecânica do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, utilizando as células de carga de 5 kN e de 100 kN, conforme a carga a aplicar.

O valor da resistência à compressão R_c , em N/mm² é dado pela seguinte equação (1):

$$R_c = \frac{F_c}{A}$$

Equação 1 – Resistência à compressão.

Sendo R_c a força necessária para a rutura dos provetes e A a área do provete em contacto com a célula.

Pelo facto de o confinamento dar uma maior resistência à amostra, foi aplicada uma fórmula que visa corrigir o valor de resistência obtido para padrões mais comuns, tendo como principal variável, a altura de cada amostra.

$$R_{cc} = \frac{R_c}{(h/a)^{-1,9114}}$$

Equação 2 – Formula de Drdácý (M., D., M.D., & Z., 2008)

Em que:

R_c – Resistência obtida no ensaio (N/mm²);

R_{cc} - Resistência corrigida (N/mm²);

h – Altura da amostra;

a – largura da amostra.

Apesar desta correção os resultados podem apresentar valores ainda um pouco superiores aos normalmente observados em amostras cuja forma é um cubo de 40x40x40 mm.

3.2.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

O ensaio de absorção de água por capilaridade foi realizado seguindo o procedimento de ensaio descrito na Norma Europeia EN 1015-18, com pequenas alterações. Para este ensaio era necessária uma superfície regular, com área ideal de 40x40 mm, e altura idealmente superior a 40 mm. Inicialmente pesam-se as amostras secas e depois colocam-se dentro de um tabuleiro, sobre geotêxtil colocado no fundo do tabuleiro, com água até uma altura de cerca de 2 mm. Com o passar do tempo efetuam-se pesagens das amostras até o peso estabilizar.

Após o ensaio de capilaridade efetua-se o teste de secagem, em que as amostras permanecem ao ar livre e fazem-se pesagens periódicas até os seus pesos estabilizarem.



Figura 62 - Ensaio de absorção de água por capilaridade.



Figura 63 - Ensaio de determinação do índice de secagem.

O coeficiente de capilaridade é retirado pelo declive da reta formada pelos primeiros pontos do gráfico da quantidade de água absorvida por unidade de área da base do provete (Kg/m²) em função da raiz quadrada do tempo (h), na fase de absorção.

O índice de secagem é calculado tendo como base a fase de secagem do gráfico, pela seguinte equação 2:

$$I.S. = \frac{\int_{t_i}^{t_f} f(W_i) \times dt}{W_o \times t_f}$$

Equação 3 – Índice de secagem. (Velosa, Rocha, Haugen, & Hole)

Em que:

t_i - início do ensaio;

t_f - tempo final do ensaio;

W_o - quantidade de água inicial, expressa em percentagem relativamente à massa seca [%];

$f(W_i)$ - quantidade de água no interior do provete em função do tempo, expressa em percentagem relativamente à massa seca.

3.2.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA EM TELHAS CERÂMICAS.

Este ensaio foi realizado seguindo a norma portuguesa NP499. Para este ensaio os provetes teriam de ser telhas inteiras ou fragmentos de telhas com dimensões não inferiores a 10 cm.

Inicialmente os provetes são levados à estufa a cerca de 100 °C até que a diferença de pesagens consecutivas seja inferior a 1 g. De seguida leva-se os provetes a um exsiccador até que atinga a temperatura ambiente. Posteriormente pesa-se o provete e imerge-se em água limpa durante 48 horas. Passadas 48 horas retira-se os provetes da água e enxuga-se com um pano húmido e pesa-se.

Com as pesagens efetuadas aplica-se a seguinte equação para obter-se a absorção de água de cada provete.

$$\frac{m_o - m_f}{m_o} \times 100 \quad (\%)$$

Equação 4 – Absorção máxima

Em que:

m_o – massa do provete antes da imersão

m_f - massa do provete após a imersão

3.2.4. ENSAIO DE IMPERMEABILIDADE EM TELHAS CERÂMICAS

Este ensaio foi realizado seguindo o procedimento descrito na norma europeia EN NP 539-1, com pequenas alterações. Para este foi necessário aplicar uma moldura por cima da telha, segura com silicone. De seguida colocou-se água da toneira a cerca de 20 °C dentro da moldura, até a uma altura máxima de 60±5 mm. Para telhas em canudo verificou se a altura mínima de 10±5 mm no ponto mais alto da telha.

De seguida as telhas foram apoiadas nas suas extremidades e foi colocada uma camada de areia fina por baixo, para uma melhor observação de queda de gotas de água.



Figura 64 - Telhas prontas para o ensaio de impermeabilidade.

Depois das molduras preenchidas com água procedeu-se à contagem do tempo até à queda da primeira gota de água, com uma exatidão de ± 15 min, tendo o ensaio uma duração máxima de 20 horas.

Com tempo de queda obtido aplicou-se a seguinte formula para se obter o coeficiente de impermeabilidade:

$$ICXi = \frac{20 - Xi}{20}$$

Equação 5 – Coeficiente de impermeabilidade.

Em que:

ICXi – Coeficiente de impermeabilidade

Xi – Período de tempo em horas arredondado a 0,25h até que a primeira gota caia na areia.

3.2.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO.

Para a determinação módulo de elasticidade a partir da velocidade da propagação dos ultrassons, conseguiu-se utilizando um aparelho (aparelho de medida da velocidade de propagação dos ultra-sons-PUNDIT – “Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester”) (Figura 65). A informação recolhida fornece o tempo da transmissão da onda através do elemento em análise.

Para este ensaio foi necessário uma amostra com dimensões aproximadamente 40x40x160 mm, e com as superfícies de apoio lisas, colocando uma gordura leve, entre a superfície e o transdutor, para melhorar o contacto.

Os transdutores foram colocados em faces opostas e alinhados (Figura 66).



Figura 65 - Aparelho PUNDIT.



Figura 66 - Colocação dos transdutores.

Sabendo o comprimento do elemento estrutural e o tempo dado pelo PUNDIT, calcula-se a velocidade de propagação. Com a densidade da amostra calculada, e como a velocidade de propagação é proporcional ao módulo de elasticidade é possível determinar o módulo de elasticidade pela seguinte equação:

$$E = V^2 \times \rho \frac{(1+v)(1-2v)}{(1-v)} \quad (\text{GPa})$$

Equação 6 – Módulo de elasticidade.

Em que:

E – Modulo de elasticidade

V- Velocidade de propagação (km/s)

ρ – Densidade do material (kg/m^3)

v – Coeficiente de Poisson

3.2.6. DISSOLUÇÃO ÁCIDA

Para este ensaio as amostras, com cerca de 50 g, foram desagregadas com a ajuda de um almofariz, e posteriormente foram colocadas na estufa a 100 °C. De seguida, foi realizado um ataque às amostras com ácido clorídrico efetuando fundamentalmente a dissolução de carbonatos (calcite, portlandite, dolomite, magnesite) e a obtenção de um resíduo. De seguida procedeu-se à secagem e pesagem do resíduo, para depois se proceder à determinação da quantidade de material solúvel.

3.2.7. GRANULOMETRIA DO AGREGADO

Este ensaio foi realizado utilizando o resíduo produzido pelo ensaio da dissolução ácida. O resíduo foi seco e passado numa série de peneiros, com o propósito de se calcular a percentagem do material passado e retido em cada peneiro. Este ensaio tem um erro associado devido a se utilizar o resíduo da dissolução ácida, que não é em quantidade desejável.

3.2.8. ANÁLISE QUÍMICA - FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (FRX)

Para esta análise foi necessário uma amostra com cerca de $12\text{ g} < a < 75\text{ }\mu\text{m}$. A amostra passou por um processo de moagem até a fração fina passar pelo peneiro de $75\text{ }\mu\text{m}$, seguida por um processo de secagem. Esta técnica permite a deteção de elementos presentes na amostra, através da excitação da amostra por um feixe de raios X. O equipamento utilizado para este ensaio foi um Espectrómetro de Fluorescência Philips PW 1400 X-Ray, localizado no departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

3.2.9. ANÁLISE MINERALÓGICA - DIFRAÇÃO DE RAIOS X (DRX)

À semelhança do ensaio FRX, a amostra passou por um processo de moagem até a fração fina passar pelo peneiro de $75\text{ }\mu\text{m}$, seguida por um processo de secagem. A análise mineralógica por difractometria de raios X (DRX) é uma técnica que se baseia na difração dos raios X pela matéria cristalina, permitindo, a partir da análise do diagrama obtido após essa interferência, informação qualitativa relativa aos compostos cristalinos existentes nas amostras. Este ensaio complementa a análise por Fluorescência de raios X (FRX). O equipamento utilizado para este ensaio é um Difractómetro de Raios-X Philips X-Pert Pró, localizado no departamento de Geociências da Universidade de Ave

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados gerais dos ensaios realizados nas amostras recolhidas. Para uma melhor compreensão e organização, os resultados serão apresentados separadamente consoante o tipo de material, argamassas, cerâmicos, e rochas.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS

Observando atentamente as amostras de argamassa recolhidas, em relação à sua cor e textura, é possível afirmar que existem no mesmo edifício diferentes argamassas e por outro lado existem argamassas de diferentes edifícios que apresentam aparência muito semelhante.

As argamassas recolhidas no Convento de Santa Cruz aparentam ser argamassas de cal aérea sendo possível observar em algumas delas inclusões de cal brancas. As tonalidades das amostras variam, uma amostra é de cor bege (C3-AR) e as outras (C1-AA, C1-AR) são rosa claro, evidenciando as diferentes momentos de produção das argamassas ou utilização de matérias-primas diferenciadas.

Na capela do Passo do Pretório (capela 21) as amostras recolhidas aparentam ser de cal aérea, onde também foram observados grãos de cal. As amostras Cap21-AAZT, Cap21-ARZT e Cap21-ARII, têm cor bege, enquanto as amostras Cap21-ARI, Cap21-AA, e Cap21-AC, apresentam tonalidade rosa claro.

Das três amostras retiradas da capela do Passo da Segunda Queda (Capela 27), duas são possivelmente argamassas de cal aérea (Cap27-ARI, Cap27-ARII) apresentando tonalidade diferente (castanha e esbranquiçada, respetivamente) e a outra aparenta ser uma argamassa de cimento (Cap27-ARIII) apresentando cor cinzenta, onde é possível observar fragmentos cerâmicos na sua constituição.

Relativamente às amostras da capela do Passo da Verónica (Capela 26), aparentam ser argamassas de cal aérea mas apresentam cor e dimensão de agregado muito diferente: uma tem cor avermelhada e agregados mais finos (Cap26-ARII), e a outra tem cor bege e agregados de dimensão de grão comparativamente superior (Cap26-ARI).

Em relação às amostras da ermida de São José, duas são argamassa de cal aérea provenientes do revestimento exterior, uma com coloração rosa claro (ESJ-ARII) e a outra com cor

cinzenta muito claro (ESJ-ARI). As outras duas, provenientes da zona do altar, aparentam ser argamassas de gesso (ESJ-AAAt11, ESJ-AAAt12) pela sua cor branca e pelo seu peso leve.

Como foi referido anteriormente, foram observadas argamassas com aparência semelhante em edifícios distintos como é o caso das amostras Cap25-AR e Cap29-AR, que aparentam ser argamassas de cal aérea e apresentam cor bege e textura semelhante. O mesmo é observado nas amostras VP-AT e Cap29-AT, ambas com aparência de argamassas de cal aérea utilizadas no beiral do telhado e com tonalidade e textura semelhantes. Por fim, as amostras VP-AR e ENSA-AR aparentam ser argamassas de cal área, ambas com textura e coloração semelhante e de edifícios distintos.

Como base no manuseamento das amostras é possível afirmar que são um pouco friáveis, desfragmentavam-se com alguma facilidade, com exceção dos exemplares Cap27-ARII (argamassa de cimento), Cap29-AT e VP-AT.

De um modo geral, as amostras encontravam-se em bom estado de conservação, na medida em que ainda estavam a desempenhar a função. No entanto, algumas partiram-se com o transporte, por isso e pelo facto da dimensão das amostras ficar limitada pela preservação dos edifícios, alguns ensaios não foram realizados em certas amostras.

Na tabela 2 são apresentados os ensaios que foram realizados para cada amostra.

Tabela 2 - Ensaios realizados em cada amostra de argamassa.

Amostra	Absorção de água por capilaridade	Dissolução ácida	Análise granulométrica	Resistência à compressão	DRX	FRX
C1-AR	X	-	-	X	-	-
C1-AA	X	X	X	X	X	X
C3-AR	X	X	X	X	X	X
Cap21-ARI	X	X	X	X	X	X
Cap21-ARII	X	X	X	X	X	X
Cap21-AA	X	X	X	X	X	X
Cap21-AC	X	X	X	X	X	X
Cap21-ARZT	X	X	X	X	X	X
Cap21-AAZT	X	X	X	X	X	X
VP-AR	X	X	X	X	-	-
VP-AT	X	X	X	X	-	-

Cap25-AR	X	X	X	-	X	X
Cap26-ARI	X	X	X	X	-	-
Cap26-ARII	X	X	X	X	-	-
Cap27-ARI	X	X	X	X	-	-
Cap27-ARII	X	X	X	X	-	-
Cap27-ARIII	X	X	X	-	X	X
Cap29-AR	X	X	X	-	X	X
Cap29-AT	X	X	X	-	-	-
ESJ-ARI	X	X	X	X	-	-
ESJ-ARII	X	X	X	X	X	X
ESJ-AAIt1	-	-	-	X	X	X
ESJ-AAIt2	-	-	-	X	-	-
ENSA-AR	X	X	X	-	-	-

4.1.1. RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO

No ensaio de resistência à compressão, devido às dimensões das amostras serem inferiores às desejadas, foi necessário recorrer ao confinamento das amostras o que confere uma resistência extra às amostras. De forma a contabilizar o erro foi aplicada a fórmula de *Drdácký* que relaciona a tensão de rotura máxima com as dimensões da amostra [altura (h), lado (a)]. Assim quanto maior for a razão h/a, maior será a redução induzida pela fórmula ao valor da tensão determinada. De referir que a amostra ESJ-ARII foi a única para a qual não se efetuou confinamento produzindo um resultado distinto e talvez mais realista.



Figura 67 - Amostra ESJ-ARII sem confinamento antes do ensaio à compressão.

Das argamassas do Convento de Santa Cruz, as argamassas de revestimento foram aquelas que apresentaram maiores resistências mecânicas (Figura 68). A amostra C3-AR é aquela que apresenta uma maior resistência com um valor de 3,01 MPa, seguida da amostra C1-AR que apresenta uma tensão de rutura de 2,23 MPa. Por fim, a amostra C1-AA obteve uma resistência à compressão de 1,90 MPa.

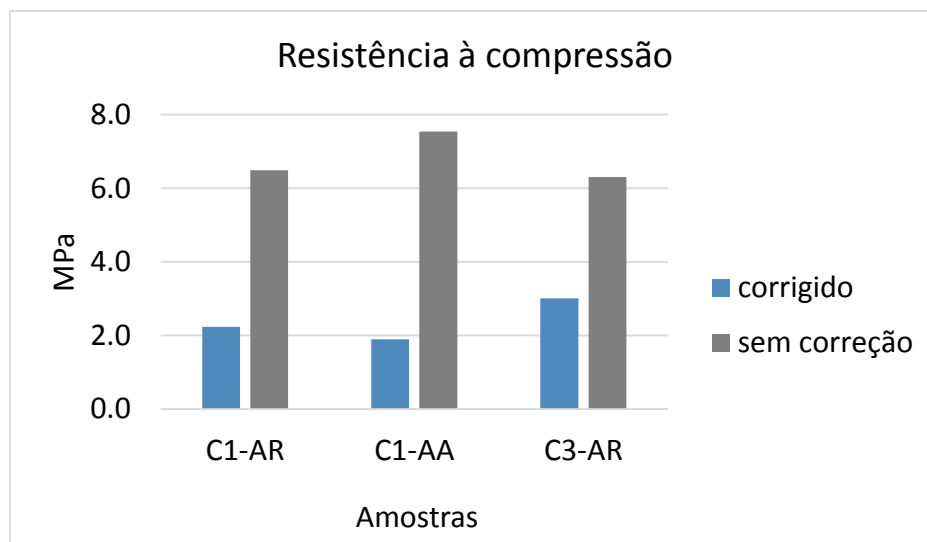


Figura 68 - Resistência à compressão das amostras do convento.

Nas amostras da Via-Sacra que foram sujeitas ao ensaio de compressão é possível observar que a resistência varia entre 0,68 MPa e 3,79 MPa (Figura 69 e 70). As Amostras Cap21-ARI, Cap26-ARI e VP-AR apresentam os valores de resistência mais elevados e acima de 3 MPa, com valores de 3,79 MPa, 3,54 MPa e 3,26 MPa, respetivamente. Os menores valores apresentam resistência abaixo de 2 MPa, tendo sido observados nas amostras Cap26-ARII e Cap27-ARI valores de 0,68 MPa e 1,01 MPa, sendo que a Cap26-ARII foi a única amostra onde se observou uma resistência inferior a 1 MPa. As restantes amostras apresentaram resistências à compressão no intervalo de 1,5 MPa a 3 MPa.

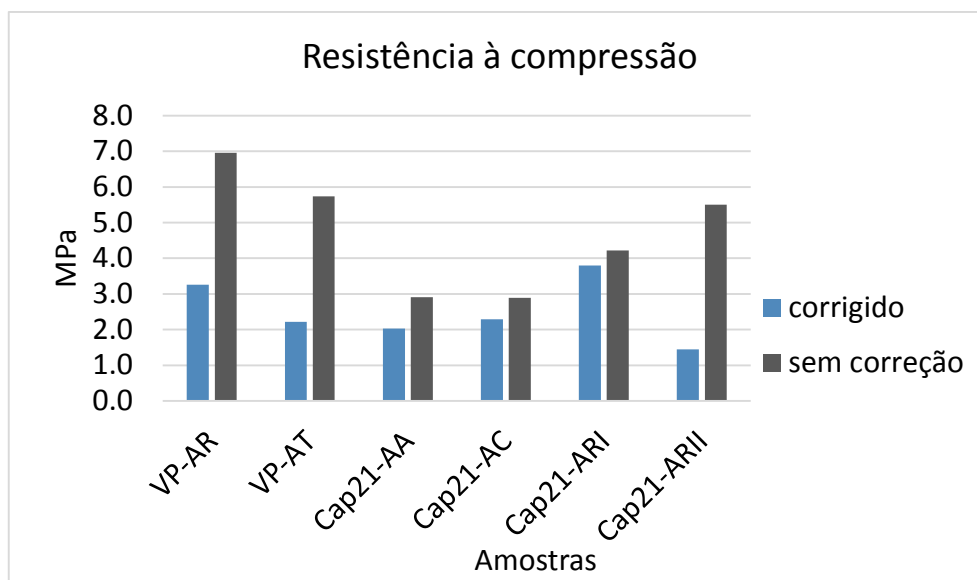


Figura 69 - Resistência à compressão das amostras da Via-Sacra.

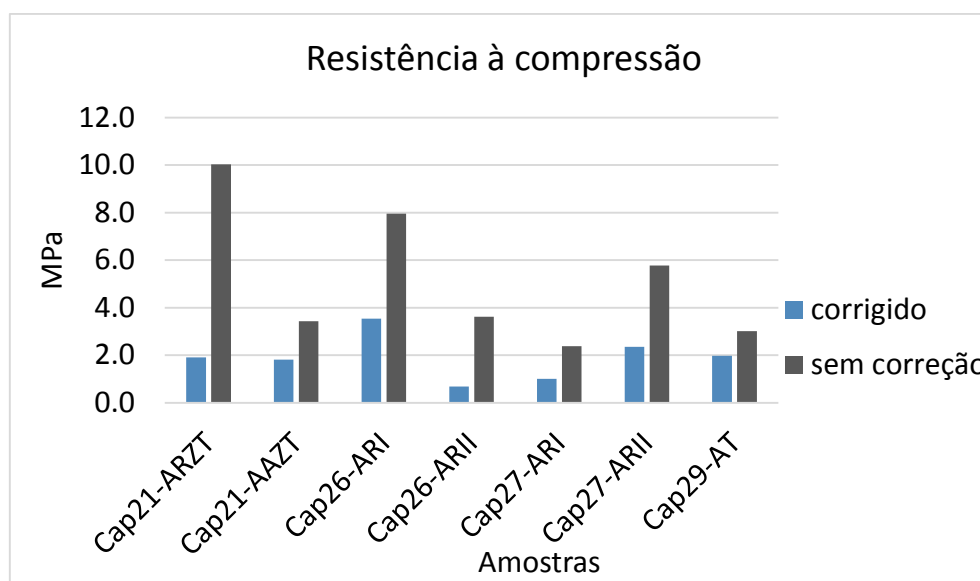


Figura 70 - Resistência à compressão das amostras da Via-Sacra.

Analisando os resultados de resistência obtidos nas argamassas das ermidas de habitação (Figura 71), verificou-se que os menores valores de resistência ocorreram nas argamassas de gesso ESJ-AAIt1 e ESJ-AAIt2, com tensões de rutura de 0,85 MPa e 0,60 MPa, respetivamente. Nas argamassas de cal aérea os resultados foram muito similares tendo a amostra ESJ-ARI obtido uma resistência de 1,87 MPa e a amostra ESJ-ARII uma resistência de 1,77 MPa. O resultado obtido na amostra ESJ-ARII é mais fidedigno que os restantes

devido ao facto de não ter sido sujeito a confinamento, pelo que não foi necessário aplicar a fórmula de correção de *Drdácký*,

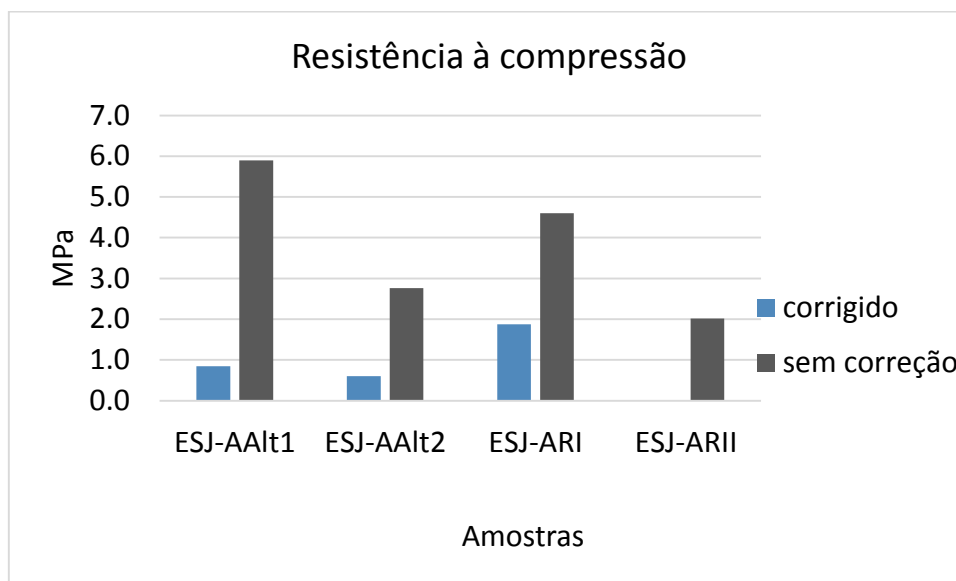


Figura 71 - Resistência à compressão das amostras das ermidas de habitação.

Em geral, as amostras de argamassa de cal aérea dos edifícios da Mata do Buçaco apresentam resistências a variar maioritariamente entre 1,5 MPa e 3 MPa, sendo os resultados extremos o da amostra Cap26-ARII (0,68 MPa) e da amostra Cap21-ARI (3,79 MPa).

Relativamente às argamassas de gesso foram obtidos resultados inferiores aos das argamassas de cal aérea, como era de esperar.

4.1.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE.

Como foi referido anteriormente, este ensaio pretende simular a absorção de água pela zona inferior da amostra. Através dos resultados de absorção de água registados e do traçado da quantidade de água absorvida por unidade de área da base do provete (Kg/m^2) em função da raiz quadrada do tempo (\sqrt{h}), foi possível retirar o coeficiente de capilaridade que corresponde ao declive da reta para os primeiros pontos do traçado.

Os gráficos do ensaio da absorção de água por capilaridade podem ser consultados nas fichas de resultados de cada amostra no anexo A.

Nas amostras provenientes do Convento de Santa Cruz o coeficiente de capilaridade (Figura 72) tem alguma variação, obtendo-se o maior valor, de $15,40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ no caso da argamassa

de revestimento exterior C3-AR. O menor coeficiente de capilaridade é obtido na amostra de revestimento exterior C1-AR com um valor de $7,68 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$. Na amostra de argamassa de assentamento C1-AA obteve-se um coeficiente de capilaridade de $13,12 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$.

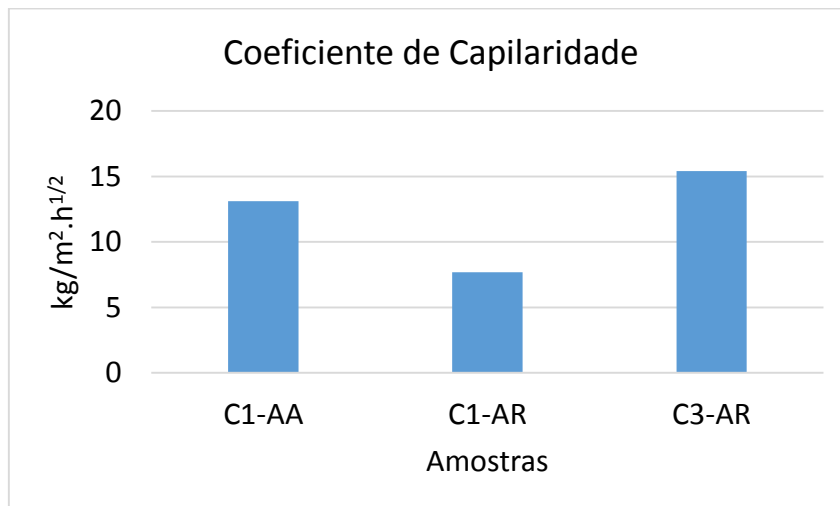


Figura 72 - Coeficiente de capilaridade nas amostras do convento.

O facto do maior coeficiente de capilaridade ter sido obtido na amostra C3-AR pode estar relacionado com local de recolha da amostra por este se situar mais próximo do solo e estar num local mais exposto à ação da água, degradando mais a argamassa.

Relativamente às amostras recolhidas na Via-Sacra os coeficientes de capilaridade variam entre $1,09 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ e $28,29 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ (Figura 73 e 74)

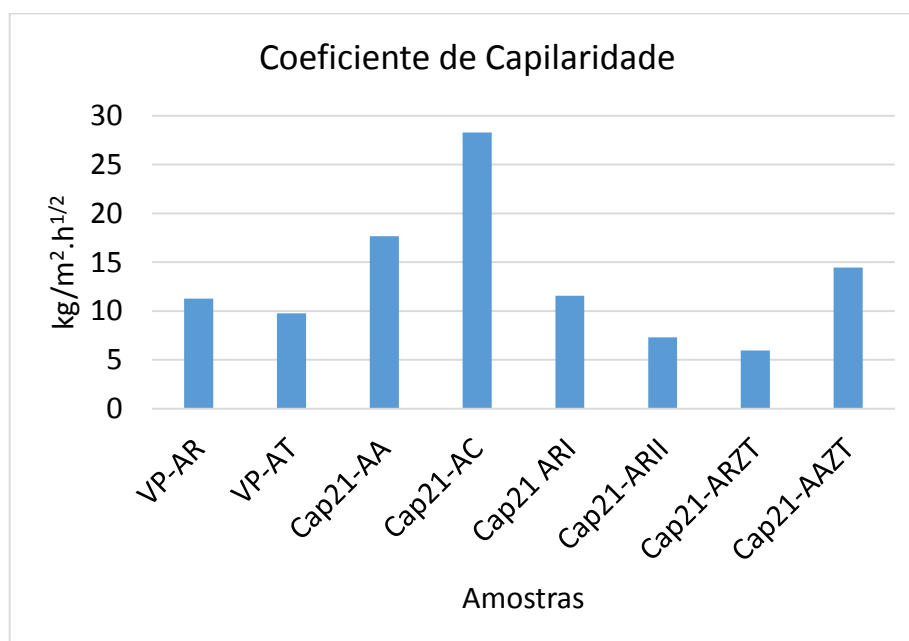


Figura 73 - Coeficiente de capilaridade nas amostras da Via-Sacra.

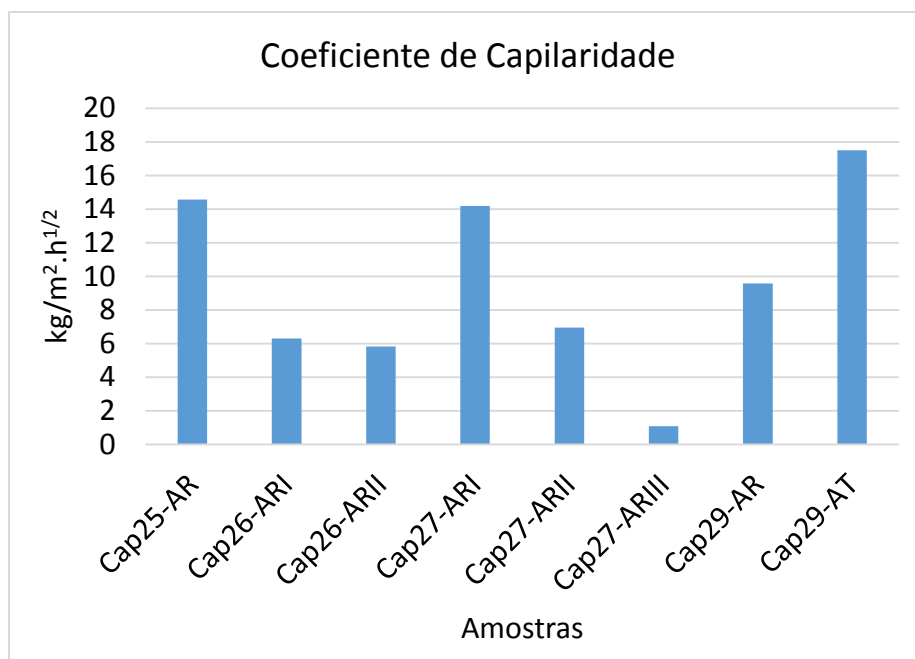


Figura 74 - Coeficiente de capilaridade nas amostras da Via-Sacra.

O valor $1,09 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ é o valor mais baixo e foi observado na amostra Cap27-ARIII. Este pode ser explicado por a amostra ser uma argamassa com ligante de cimento, que lhes confere às argamassas coeficientes de capilaridade muito inferiores às argamassas de cal aérea. Já o maior valor, $28,29 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$, observado na amostra Cap21-AC, pode ser explicado pelo facto desta ser uma argamassa de assentamento de cobertura estando mais exposta a condições atmosféricas e pelo elevado estado de degradação do local de recolha da amostra.

As argamassas de assentamento (Cap21-AAZT e Cap21-AA) apresentam coeficientes de capilaridade superiores em relação às argamassas de revestimento, com exceção da amostra Cap25-AR que tem um coeficiente de capilaridade semelhante ao da amostra Cap21-AAZT.

As argamassas de beiral de cobertura apresentam valores completamente distintos, uma apresenta o coeficiente de $17,51 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ (Cap29-AT) e a outra o coeficiente de $9,76 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$, que pode ser explicado pela maior exposição e nível de degradação da amostra Cap29-AT.

Nas amostras provenientes das ermidas de habitação o coeficiente de capilaridade varia entre $5,23 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ e $15,77 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ (Figura 75).

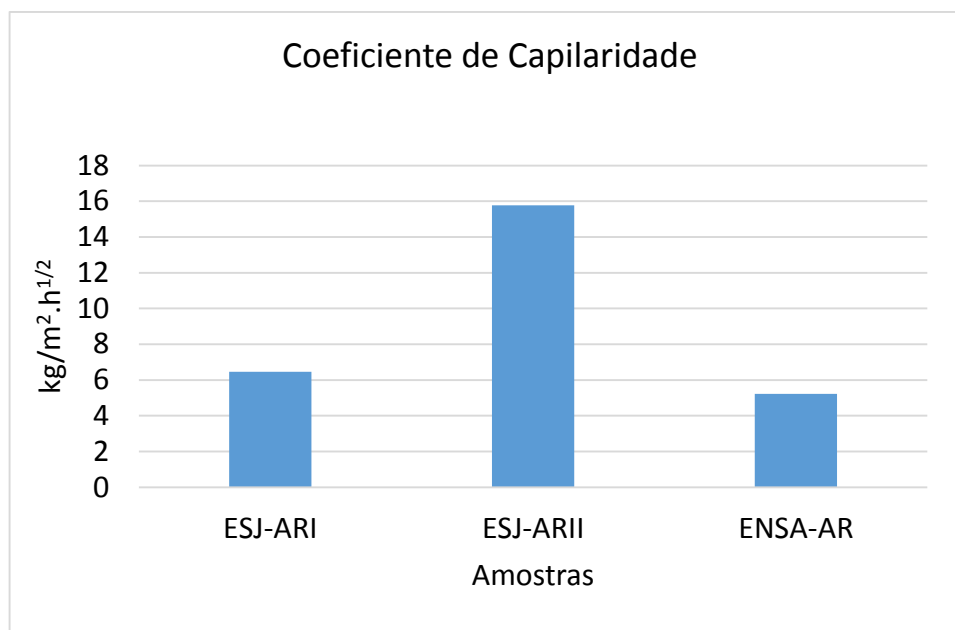


Figura 75 - Coeficiente de capilaridade nas amostras das ermidas de habitação.

O coeficiente de capilaridade é semelhante nas amostras ESJ-ARI e ENSA-AR com valores $5,23 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ e $6,47 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$, respetivamente. Já a amostra ESJ-ARII apresenta um valor superior de $15,77 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$.

4.1.3. ÍNDICE DE SECAGEM

A fase de secagem de uma argamassa reveste-se de grande importância relativamente à durabilidade. Uma argamassa que possua uma menor capacidade de perder água está mais sujeita à ocorrência de danos. A permanência de água e a existência de sais no interior de uma argamassa levam à sua destruição pelo fenómeno da cristalização.

Argamassas que apresentem índices de secagem mais baixos são aquelas que terão maior facilidade no processo de perda de água.

Na sequência do ensaio de absorção por capilaridade, e depois das amostras de argamassa atingirem a absorção máxima, estas foram colocadas no tabuleiro seco onde se registou a perda de água ao longo do tempo. Os gráficos relativos à curva de secagem de cada amostra podem ser consultados no anexo A.

Analisando os dados registados no período da secagem é possível verificar tipos diferentes de curva de secagem. Algumas amostras, como é o caso da amostra Cap29-AR, a curva de

secagem aproxima-se a uma reta o que significa que a perda de água foi uniforme ao longo do tempo (Figura 76).

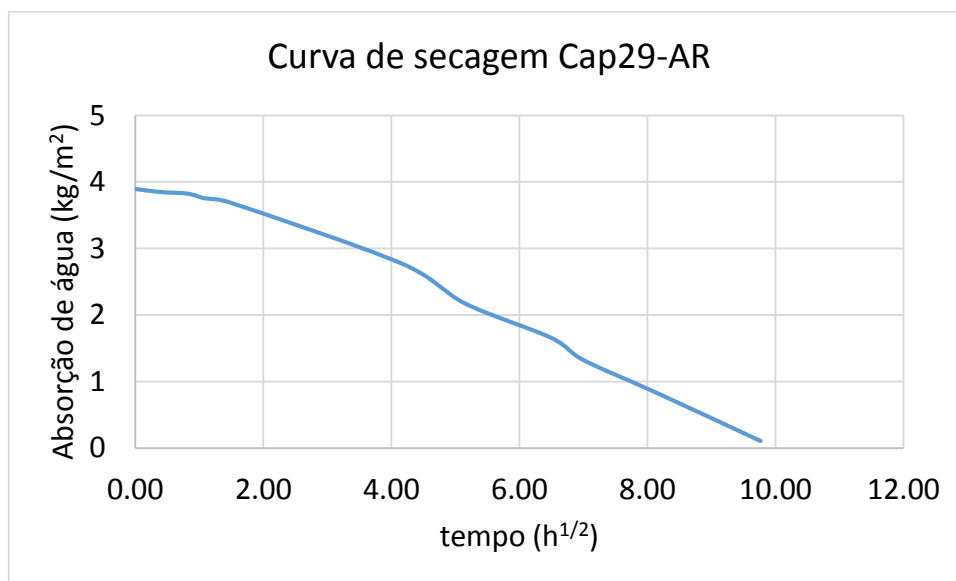


Figura 76 - Curva de secagem da amostra Cap29-AR.

Noutras amostras, como é o exemplo da amostra VP-AR, a curva de secagem apresenta dois declives distintos, primeiramente um declive mais acentuado o que significa uma perda rápida de água, e de seguida um declive mais suave representando numa perda de água mais lenta (Figura 77).

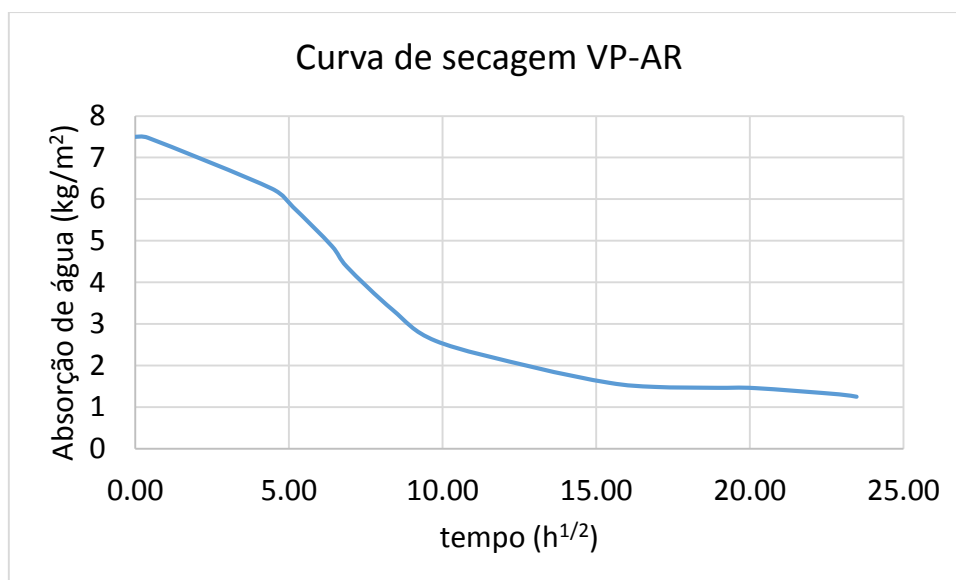


Figura 77 - Curva de secagem da amostra VP-AR.

As amostras de argamassa recolhidas no Convento de Santa Cruz apresentam um índice de secagem médio de 0,31, onde as argamassas de revestimento (C3-AR e C1-AR) apresentam igual e maior índice de secagem (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de secagem das amostras do convento.

Amostra	IS
C1-AA	0,26
C1-AR	0,34
C3-AR	0,34

Nas amostras de argamassa provenientes da Via-Sacra do Buçaco o índice de secagem varia entre 0,22 e 0,62 (Tabela 4). O índice de secagem da amostra Cap27-ARIII distingue-se claramente dos restantes por ser o valor mais alto, e por se tratar da única amostra de argamassa de cimento, devendo ser considerado separadamente. Sendo assim, o índice de secagem médio das restantes amostras é de 0,29.

Tabela 4 - Índice de secagem das amostras da Via-Sacra.

Amostra	IS
VP-AR	0,24
VP-AT	0,25
Cap21-AA	0,25
Cap21-AC	0,22
Cap21-ARI	0,27
Cap21-ARII	0,44
Cap21-ARZT	0,41
Cap21-AAZT	0,37
Cap25-AR	0,30
Cap26-ARI	0,22
Cap26-ARII	0,22
Cap27-ARI	0,28
Cap27-ARII	0,26
Cap27-ARIII	0,62
Cap29-AR	0,41
Cap29-AT	0,25

Relativamente às argamassas recolhidas nas ermidas de habitação, o índice de secagem varia entre 0,21 e 0,31, sendo o índice de secagem médio de 0,27 (Tabela 5).

Tabela 5 - Índice de secagem das amostras das ermidas de habitação.

Amostra	IS
ESJ-ARI	0,31
ESJ-ARII	0,21
ENSA-AR	0,29

De um modo geral as amostras de argamassa apresentam valores de índice de secagem baixos estando os valores maioritariamente situados no intervalo de 0,2 a 0,3. Com estes índices, pode-se afirmar que estas amostras perdem água com facilidade. Contudo estes resultados devem ser lidos com moderação pelo facto existirem variáveis difíceis de serem controladas no momento do ensaio como é o caso da temperatura e da humidade relativa. Como era previsível, a amostra Cap27-ARIII apresenta o maior índice de secagem por ser uma argamassa com ligante de cimento.

4.1.4. DISSOLUÇÃO ÁCIDA

Nas amostras de argamassa provenientes do convento, a fração de material solúvel varia entre 15% e 20%. Em termos da relação entre o peso do agregado e o peso do ligante obteve-se um traço de 1:4 para a amostra C1-AA, e um traço de 1:6 para a amostra C3-AR (Tabela 6).

Tabela 6 - Fração solúvel e resíduo nas amostras do convento.

Amostra	Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
C1-AA	20	80
C3-AR	15	85

Nas amostras recolhidas na Via-Sacra verifica-se uma grande variabilidade na relação de fração solúvel/resíduo. As amostras VP-AR e VP-AT apresentam as maiores percentagens de fração solúvel, respetivamente, 29% e 32%, apresentando assim um traço em relação ao peso de 1:2.

As amostras Cap21-ARII, Cap21-ARZT e Cap21-AAZT são aquelas que apresentam menor fração solúvel com percentagens de 8%, 10% e 7%, respetivamente. A amostra Cap21-ARII e Cap21-ARZT apresentam um traço de 1:12 e a amostra Cap21-AAZT apresenta um traço de 1:9.

Nas restantes amostras da Via-Sacra a percentagem de fração solúvel varia entre 14% e 24%, não existindo uma predominância clara de um determinado tipo de traço (Tabela 7).

Tabela 7 - Fração solúvel e resíduo nas amostras da Via-Sacra.

Amostra	Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
VP-AR	29	71
VP-AT	32	68
Cap21-AA	16	84
Cap21-AC	19	81
Cap21-ARI	20	80
Cap21-ARII	8	92
Cap21-ARZT	10	90
Cap21-AAZT	7	93
Cap25-AR	14	86
Cap26-ARI	21	79
Cap26-ARII	24	76
Cap27-ARI	16	84
Cap27-ARII	23	77
Cap27-ARIII	16	84
Cap29-AR	14	86
Cap29-AT	17	83

Nas argamassas das ermidas de habitação observa-se uma grande similitude nas percentagens de fração solúvel variando entre 22% e 23%. Estas amostras apresentam assim um traço de 1:3, em massa (Tabela 8).

Tabela 8 - Fração solúvel e resíduo nas amostras das ermidas de habitação.

Amostra	Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
ESJ-ARI	23	77
ESJ-ARII	22	78
ENSA-AR	23	77

Analisando os resultados de todas as amostras não é possível afirmar que exista predominância de um traço, existindo sim três traços mais comuns, 1:3, 1:4 e 1:5.

É possível observar também que as argamassas Cap21-ARII, Cap21-ARZT e Cap21-AAZT, recolhidas na Capela 21 apresentam traços que diferem dos observados nas restantes amostras.

Estes resultados devem ser lidos de uma forma cuidadosa não se podendo definir com certeza um traço isto porque, apesar de se considerar que só o ligante é dissolvido pelo ácido clorídrico, na realidade é muito difícil definir os limites de dissolução podendo ocorrer a dissolução de outros materiais cristalinos. Outra razão pela qual estes resultados não são definidores de um traço exato é o facto do estado de conservação das amostras variar, podendo haver amostras onde tenha ocorrido lavagem de alguns dos seus constituintes.

4.1.5. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica realizada nas amostras recolhidas no convento revelam alguma similitude. Ambas as amostras, C1-AA e C3-AR, apresentam uma granulometria livre de partículas mais grossas, começando o material a ficar retido no peneiro de 4 mm. As maiores percentagens de material retido são observadas entre os peneiros de 0,250 mm e de 2 mm (Figura 78 e 79).

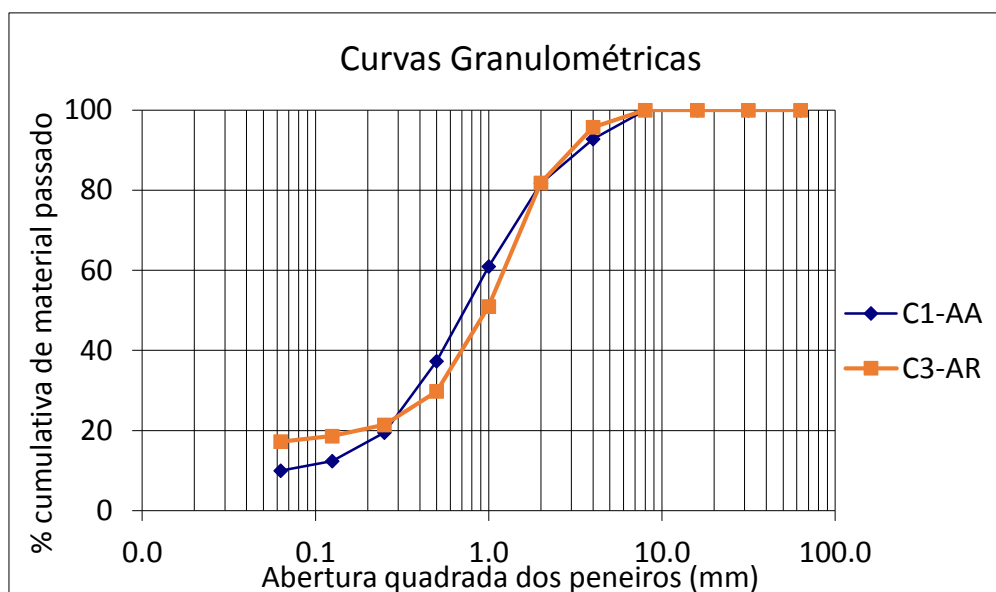


Figura 78 - Análise granulométrica das amostras do convento.

Analisando a granulometria das amostras da Via-Sacra constata-se que existem três tipos de curvas granulométricas distintas. Na figura 79 estão apresentadas as curvas granulométricas que têm um declive inferior às restantes pelo facto do agregado se encontrar mais distribuído pelos vários peneiros e pela diferença entre as percentagens superiores e inferiores de material retido em cada peneiro ser menos acentuada.

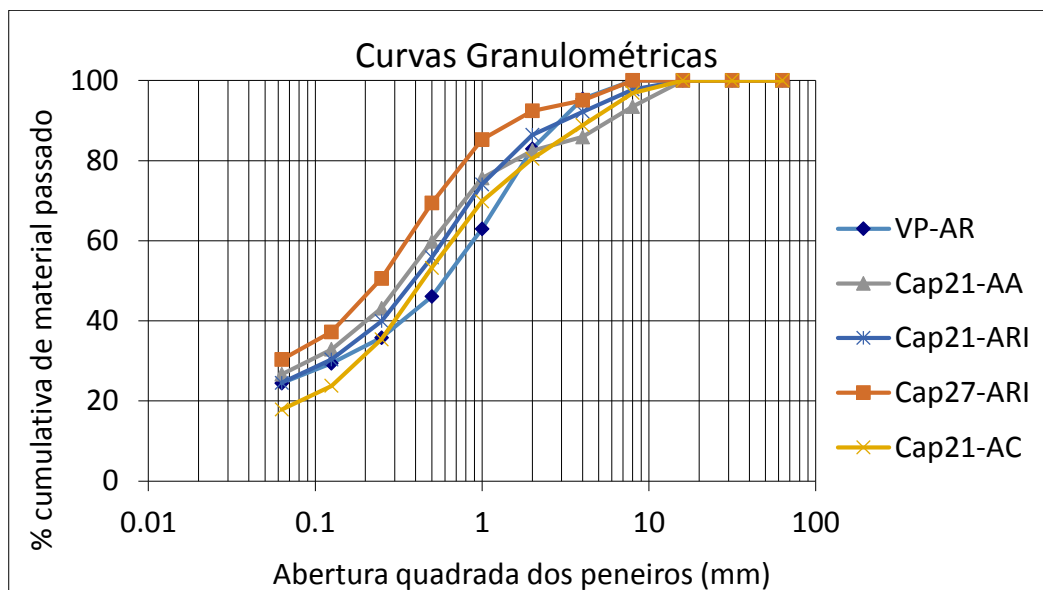


Figura 79 - Análise granulométrica das amostras da Via-Sacra.

Estas amostras apresentam as maiores percentagens de material fino inferior a 63 μm , com valores acima dos 20 %, com a exceção da amostra Cap21-AC. A Cap27-ARI é a amostra que apresenta um agregado de menor dimensão e tem maior percentagem de material inferior a 63 μm . As amostras Cap21-AA e Cap21-ARI são as que apresentam curvas granulométricas mais similares, assim como o aspeto visual dos dois agregados, onde é possível verificar a presença de fragmentos cerâmicos (Figuras 80 e 81).



Figura 80 - Agregados da amostra Cap21-ARI



Figura 81 - Agregados da amostra Cap21-AA

Na figura 82 é possível observar outro tipo de curva granulométrica das amostras da Via-Sacra. Estas curvas apresentam um declive mais acentuado que as anteriores o que significa que o agregado se encontra mais concentrado em determinados peneiros.

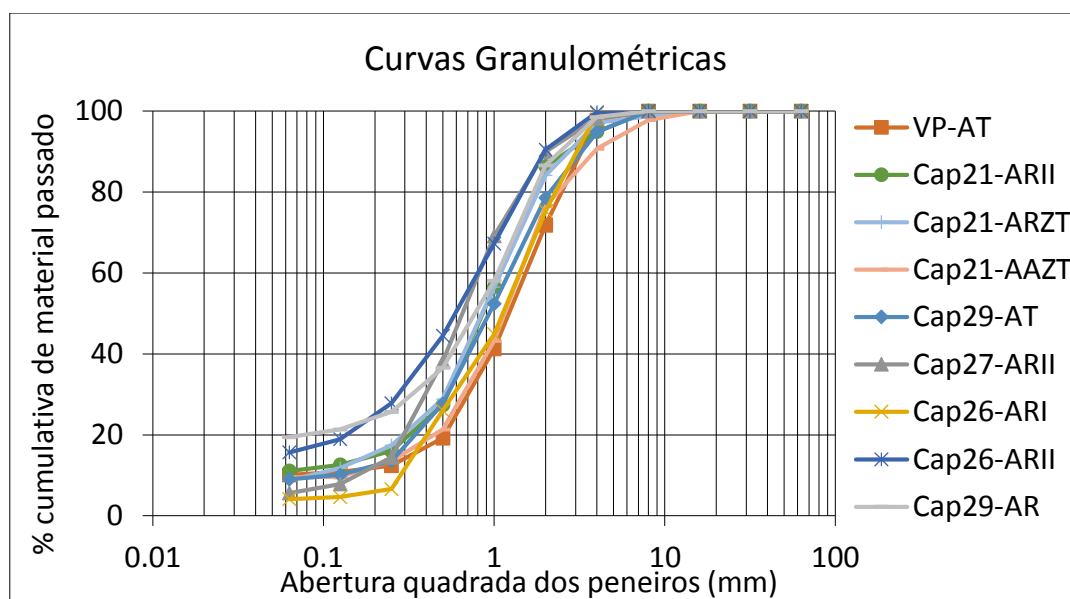


Figura 82 - Análise granulométrica das amostras da Via-Sacra.

Observando as curvas granulométricas constata-se que as amostras Cap27-ARII e Cap26-ARII tem o agregado mais concentrado nos peneiros 0,250 mm, 0,500 mm e 1 mm. Já as amostras VP-AT e Cap12-AAZT apresentam maior percentagem de material retido nos

peneiros 0,500 mm, 1 mm e 2 mm. O agregado das amostras Cap21-ARII, Cap21-ARZT, Cap29-AT e Cap29-AR, encontra-se mais concentrado em dois peneiros, 0,500 mm e 1 mm. A amostra Cap26-ARI é aquela que apresenta o agregado distribuído por um maior número de peneiros: 0,250 mm, 0,500 mm, 1 mm e 2 mm.

Existe semelhança entre algumas amostras relativamente às dimensões dos agregados mas é nas amostras Cap21-ARII e Cap21-ARZT que essa semelhança é confirmada com base no aspeto físico de cada agregado, apresentando partículas esbranquiçadas baças e outras mais translúcidas (Figura 83 e Figura 84).

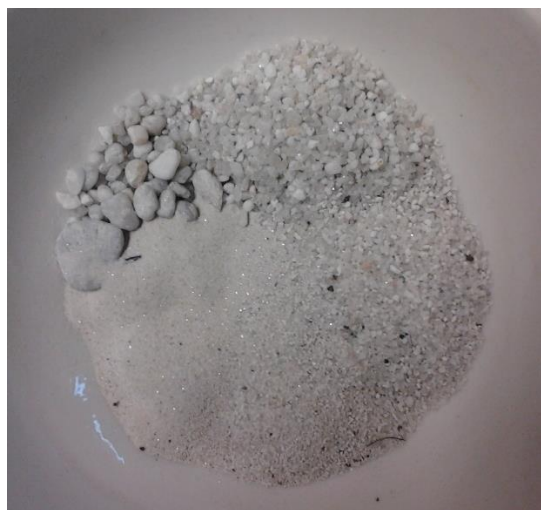


Figura 83 - Agregado da amostra Cap21-ARZT



Figura 84 - Agregado da amostra Cap21-ARII

As restantes amostras recolhidas na Via-Sacra, Cap25-AR e Cap27-ARII, apresentam as curvas granulométricas com os declives mais acentuados, pois os agregados de ambas as amostras encontram-se mais concentrados apenas num peneiro, 0,250 mm (Figura 85). Ambas apresentam agregados de reduzidas dimensões, sendo que a amostra Cap27-ARIII contem a maior percentagem de finos abaixo do peneiro de 63 μ m, cerca de 20%.

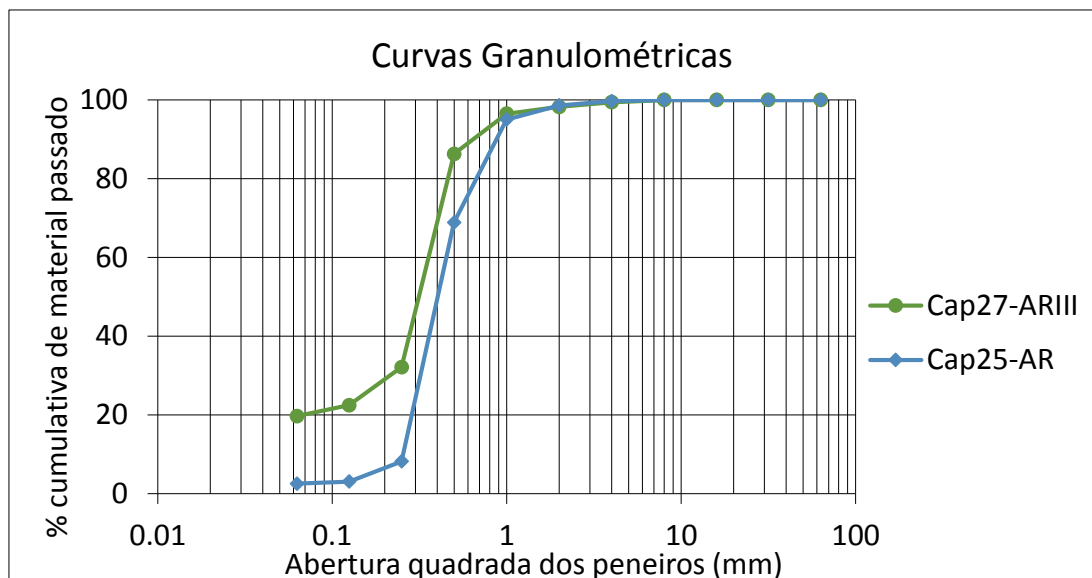


Figura 85 - Análise granulométrica das amostras da Via-Sacra.

Analisando as curvas granulométricas das argamassas das ermidas de habitação observa-se uma certa variação, embora não muito acentuada (Figura 86). As amostras ENSA-AR e ESJ-ARI têm uma curva granulométrica centrada entre os peneiros de 0,500 mm a 2 mm, enquanto a curva granulométrica da amostra ESJ-ARII está centrada entre os peneiros de 0,250 mm a 2 mm. Para além disso, a amostra ESJ-ARI tem maior percentagem de finos, cerca de 20%.

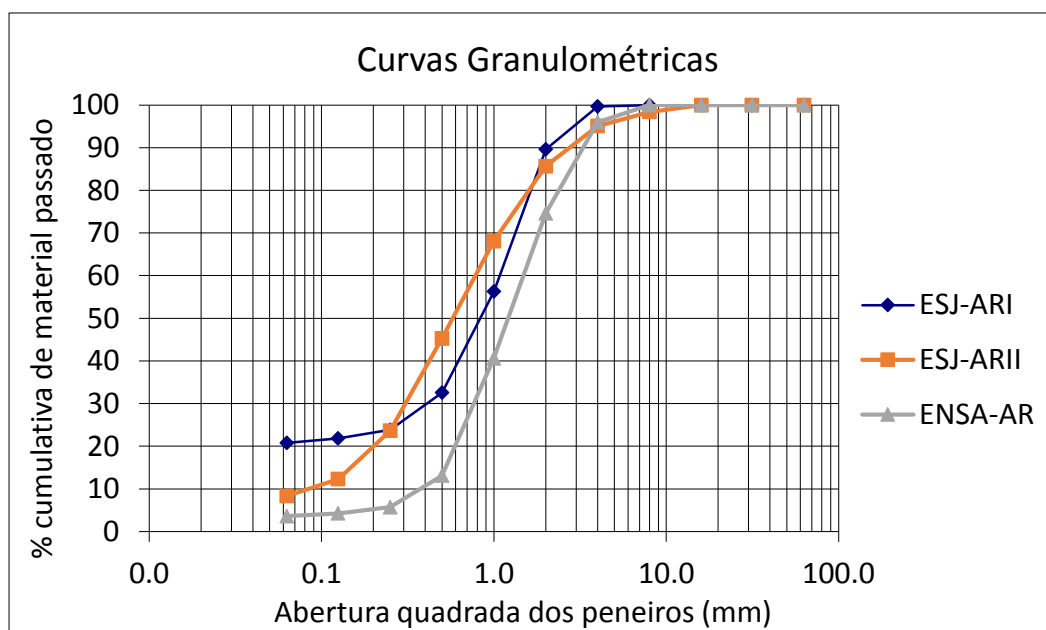


Figura 86 - Análise granulométrica das amostras das ermidas de habitação.

Analisando os resultados obtidos nas argamassas recolhidas nos edifícios do Buçaco constata-se que existe uma grande variedade no tipo de granulometria, o que nos leva a concluir que existem argamassas com momentos de produção diferentes, referentes a diferentes intervenções realizadas nos edifícios.

4.1.6. DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA (FRX)

Tabela 9 - Composição química determinada por FRX às amostras provenientes do convento (%).

Amostra	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
C1-AA	0,29	1,65	4,66	19,18	0,07	0,47	0,35	1,03	38,57	0,13	0,01	0,04	1,30	32,19
C3-AR	0,001	5,86	12,03	38,80	0,10	0,19	0,01	0,38	19,90	0,17	-	0,13	2,03	20,34

Analisando a composição química das amostras recolhidas no convento (Tabela 9) é possível verificar que são diferentes uma da outra.

A amostra C1-AA apresenta uma maior percentagem de óxido de cálcio e uma reduzida percentagem de óxido de magnésio, o que pode revelar a presença de algum agregado de calcário cálcico ou um teor em ligante mais elevado. A percentagem de sílica é relevante e pode estar relacionada com a presença de quartzo e feldspato no agregado.

A amostra C3-AR revela uma maior percentagem de sílica presumindo-se que apresenta um agregado constituído maioritariamente por quartzo. A percentagem de óxido de cálcio é a segunda maior e poderá advir da quantidade de ligante presente na amostra.

Em ambas as argamassas é possível observar percentagens relevantes de óxido de alumínio e de óxido de ferro, principalmente a percentagem de óxido alumínio na amostra C3-AR com 12,03 %. A coloração rosa da amostra C3-AR pode estar relacionada com percentagem de óxido de ferro presente na amostra, existindo a possibilidade de existir resíduo de tijolo na sua composição. Estas percentagens juntamente com a percentagem de sílica, podem revelar a possível presença de filossilicatos.

Tabela 10 - Composição química determinada por FRX às amostras provenientes da Via-Sacra (%).

Amostra	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
Cap21-AA	0,13	9,53	16,11	42,22	0,15	0,12	0,01	1,89	11,41	0,53	0,01	0,13	3,29	14,34
Cap21-AC	0,12	9,30	12,79	35,32	0,12	0,09	0,01	1,74	16,74	0,41	0,01	0,20	3,72	19,33
Cap21-ARI	0,15	9,37	13,66	38,87	0,11	0,21	0,09	1,50	13,39	0,41	0,01	0,09	2,95	19,02
Cap21-ARII	0,09	4,66	20,37	46,60	0,07	0,08	0,01	1,05	9,06	0,25	0,01	0,04	1,94	15,70
Cap21-ARZT	0,12	9,40	13,90	38,82	0,05	0,37	0,02	0,79	14,47	0,19	0,01	0,05	1,53	20,17
Cap21-AAZT	0,13	4,10	15,17	57,18	0,07	0,51	0,05	1,03	8,53	0,20	-	0,02	1,38	11,50
Cap25-AR	0,23	5,20	5,68	45,26	0,18	0,17	0,02	1,54	22,02	0,10	-	0,15	1,91	17,48
Cap27-ARIII	0,14	3,62	3,72	41,03	0,06	0,84	0,13	0,76	31,28	0,13	0,01	0,05	1,95	16,12
Cap29-AR	12,29	6,71	9,97	27,57	0,03	0,44	7,61	0,51	9,34	0,13	0,01	0,04	1,20	24,09

Analisando a composição química das amostras provenientes da Via-Sacra (Tabela 10) observa-se uma predominância do óxido de silício com percentagens a variar entre 35 % e 46 %, o que pode revelar um agregado constituído maioritariamente por quartzo. A amostra Cap29-AR é a única que se encontra fora do intervalo e é a única a apresentar percentagens de cloro (7.61 %) e de óxido de sódio (12,29 %) elevadas. Estas percentagens podem revelar a presença de halite na argamassa.

Os teores de óxido de cálcio são relevantes variando usualmente entre 8 % e 16 %, com exceção das amostras Cap25-AR e Cap27-ARIII que apresentam valores um pouco superiores. Estas percentagens estão relacionadas as quantidades de ligante presente na amostra, não sendo possível realizar uma ligação lógica entre as variações das percentagens

de óxido de cálcio com as percentagens de ligante de cada amostra (tabela 7), sendo possível que exista algum agregado calcário que tenha sido dissolvido.

As percentagens de óxido de magnésio apresentam valores relevantes, quase todos acima de 5 %. Estas percentagens podem estar relacionadas com o tipo de ligante podendo ser ligantes de cal com mais presença de magnésio e com a possibilidade de existir agregado de calcário dolomítico.

O óxido de alumínio apresenta percentagens elevadas em todas as amostras variando predominantemente entre 10 % e 16 %, com exceção das amostras Cap25-AR e Cap27ARIII que apresentam os menores valores, 5,28 % e 3,72 %, respetivamente, e a amostra Cap21-ARII com o maior valor de 20,37 %. Estas percentagens associadas às percentagens de ferro e de sílica revelam a possibilidade de existência de filossilicatos.

As amostras Cap21-ARI, Cap21-AC e Cap21-AA, apresentam as percentagens de óxido de ferro mais elevadas o que pode explicar a coloração rosada que estas amostras exibem, existindo a possibilidade de ter sido utilizado resíduo de tijolo na sua composição.

Tabela 11 - Composição química determinada por FRX às amostras provenientes das ermidas de habitação (%).

Amostra	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
ESJ-ARII	0,08	0,76	4,23	17,29	0,07	0,11	0,02	1,49	42,94	0,18	0,01	0,03	1,52	31,18
ESJ-AAlt1	0,10	1,33	2,42	5,88	0,03	46,91	0,14	0,68	36,15	0,13	-	0,01	0,97	5,15

Nas amostras das ermidas de habitação, pelo fato de se tratarem de argamassas com ligantes distintos, gesso (ESJ-AAlt1) e cal aérea (ESJ-ARII), a composição química é diferente (Tabela 11).

Na argamassa ESJ-ARII a percentagem de óxido de cálcio é a mais elevada, o que aponta para a possibilidade do agregado ser composto por algum agregado calcário, e pela baixa presença de magnésio presume-se que se tratara de calcário cálcico.

O óxido de silício nesta amostra apresenta a segunda maior percentagem e revela a possibilidade de existência de quartzo e de feldspato no agregado. Relacionando este teor de óxido de silício com os teores significativos de óxido de alumínio e óxido de ferro, assume-se a hipótese de existir a presença de filossilicatos. A percentagem de óxido de ferro podem clarificar o facto da amostra apresentar cor rosa, havendo a hipótese de existir resíduo de tijolo na sua composição.

Já na amostra ESJ-AA1, a composição química comprova que se trata de uma argamassa de gesso, uma vez que as percentagens de trióxido de enxofre e de óxido de cálcio são elevadas. Com estas percentagens comprava-se então a presença de gesso em grande quantidade.

A percentagem de sílica de 5,88 % pode advir da presença de quartzo como agregado desta argamassa. Este teor de sílica e a percentagem de óxido de alumínio revelam a possibilidade, embora que reduzida de se encontrar filossilicatos.

4.1.7. DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA (DRX)

Tabela 12 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras provenientes do convento.

Amostra	Quartzo	Calcite	Feldspato	Filossilicatos	Hematite	Dolomite	Aragonite
C1-AA	+++	++++	+	+	-	-	Vstg.
C3-AR	++++	+++	-	++	+	Vstg.	+

(++++ para abundante a + para presente).

As amostras provenientes do convento evidenciam uma composição mineralógica distinta, como já era expectável pelas suas composições químicas (Tabela 12).

A presença de calcite nas duas amostras vem confirmar que para estas argamassas foi utilizado o ligante de cal aérea. Na amostra C1-AA a presença deste mineral é mais evidente, o que pode estar associado ao facto desta amostra conter um pouco mais de ligante, mas também pela possibilidade de existir calcário no agregado.

A aragonite está presente em ambas as amostras, de forma mais evidente na amostra C3-AR, e é um mineral que está ligado a fenómenos de dissolução e recristalização da cal aérea.

O quartzo está presente em ambas as amostras, em maior quantidade na amostra C3-AR, o que revela possíveis diferenças entre os agregados que constituem estas argamassas.

O feldspato é outro mineral que está presente na amostra C1-AA e existem vestígio de estar presente na amostra C3-AR.

A presença de filossilicatos vai de encontro as percentagens de óxido de alumínio e sílica observadas na composição química, existindo maior presença de filossilicatos na C1-AA que também apresenta maior quantidade de óxido de alumínio.

Verifica-se a presença de hematite na amostra C3-AR que apresentava um teor de óxido de ferro relevante. Existem vestígios de presença de dolomite nesta amostra.

Tabela 13 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras provenientes da Via-Sacra.

Amostras	Quartzo	Calcite	Filossilicatos	Hematite	Feldspato	Aragonite	Portlandite	Halite
Cap21-AA	++++	+++	++	+	Vstg.	-	-	-
Cap21-AC	++++	+++	++	Vstg.	+	+	-	-
Cap21-ARI	++++	+++	++	+	Vstg.	-	-	-
Cap21-ARII	++++	+++	+++	Vstg.	Vstg.	-	-	-
Cap21-ARZT	++++	+++	++	Vstg.	Vstg.	-	-	-
Cap21-AAZT	++++	++	+	Vstg.	+	-	-	-
Cap25-AR	++++	+++	Vstg.	-	+	Vstg.	-	-
Cap27-ARIII	++++	+++	-	-	+	-	+	-
Cap29-AR	++++	++	++	Vstg.	-	-	-	++

(++++ para abundante a + para presente).

Analisando as composições mineralógica das amostras da Via-Sacra (Tabela 13) observa-se que em todas as amostras existe a predominância do mineral de quartzo, o que confirma um tipo de agregado constituído maioritariamente por quartzo.

A calcite é o mineral com a segunda maior presença em todas as amostras e comprova que se tratam de argamassas com ligante de cal aérea. A exceção verifica-se na amostra Cap27-ARIII que por análise visual se tem conhecimento de se tratar de uma argamassa de cimento. Apenas nesta amostra foi detetada o mineral portlandite que pode ser encontrado em argamassas de cimento mas também em argamassas de cal aérea.

Os filossilicatos estão bem presentes em quase todas as amostras da Via-Sacra e a sua abundância varia consoante as percentagens de óxido de alumínio que foram verificadas na composição química das amostras. Foram detetados vestígios de filossilicatos na amostra Cap25-AR que não estão presentes na amostra Cap27-ARIII, amostras estas que apresentavam os menores teores de óxido de alumínio.

O feldspato está presente em algumas amostras, existindo apenas vestígios noutras. No entanto não existe qualquer tipo de vestígio deste mineral na amostra Cap29-AR. À semelhança do quartzo este mineral provem do tipo de agregado utilizado na argamassa.

A presença de hematite é verificada em apenas duas amostras, Cap21-AA e Cap21-ARI, e nas restantes existem vestígios deste mineral, exceto nas amostras Cap25-AR e Cap27-ARIII.

A aragonite está presente nas amostras Cap21-AC e Cap25-AR e é um mineral que está ligado a fenómenos de dissolução e recristalização da cal aérea.

A halite está presente em apenas uma amostra (Cap29-AR) que apresentava teores de cloro e de óxido de sódio relevantes, confirmando a presença de sal na argamassa.

Tabela 14 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras provenientes das ermidas de habitação.

Amostra	Quartzo	Calcite	Feldspato	Filossilicatos	Hematite	Gesso	Bassanita	Anidrite
ESJ-ARII	++	++++	+	Vstg.	Vstg.	-	-	-
ESJ-AAIt1	+	-	-	-	-	++++.	+++	+

(++++ para abundante a + para presente).

As amostras das ermidas de habitação (Tabela 14), por serem argamassas com ligantes diferentes, apresentação uma composição mineralógica distinta.

Desde logo de confirma-se que a amostra ESJ-ARII se trata de uma argamassa de cal aérea, devido á presença abundante de calcite. Este mineral também pode estar presente no agregado da argamassa, uma vez que existe muita presença de calcite e o quartzo não se encontra em muita quantidade.

O feldspato também está presente na amostra ESJ-ARII e existe vestígios da presença de filossilicatos e de hematite.

Na amostra ESJ-AAIt1 a presença abundante do mineral de gesso confirma a ideia inicialmente de que se tratava de uma argamassa de gesso.

Para além deste mineral existe também a presença de outros minerais de sulfato de cálcio, como é o caso da bassanita que encontra-se também em grande quantidade e da anidrite, esta em menor quantidade.

A presença de quartzo também é verificada nesta amostra revelando-se parte do agregado da argamassa.

4.1.8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os resultados obtidos nos ensaios realizados é possível retirar algumas conclusões sobre as argamassas dos edifícios do Buçaco. Desde logo, é possível afirmar que foram utilizados

três tipos de ligantes: cal aérea, gesso e cimento. As argamassas de revestimento e assentamento dos edifícios contêm como ligante a cal aérea, exceto no caso da amostra Cap27-ARIII, sendo esta a única amostra de cimento. As argamassas de revestimento na zona do altar da ermida de São José (ESJ-AAAlt1 e ESJ-AAAlt2) apresentam como ligante o gesso.

Os traços relativamente à relação entre a massa do ligante e agregado apresentam grande variação nas argamassas de cal aérea, sendo os traços mais usuais 1:3, 1:4 e 1:5. A argamassa de cimento apresenta um traço de 1:5.

Na constituição dos agregados o quartzo está sempre presente e é predominante em quase todas as amostras. Também é possível verificar na maioria das argamassas de cal aérea a presença de filossilicatos, feldspatos e a possível presença de agregado calcário/dolomítico.

A análise granulométrica das argamassas dos edifícios do Buçaco revela grande variabilidade. Por exemplo, só nos edifícios referentes à Via-Sacra foi possível identificar três tipos de granulometria, o que aponta para a utilização de argamassas efetuadas em fases distintas com recurso a diferentes agregados.

Como é possível observar na tabela 15, a resistência à compressão das argamassas de cal aérea revela uma ligeira variação, com as argamassas do convento a apresentarem a maior tensão de rutura média com valor de 2,38 MPa. A menor resistência foi observada nas argamassas das ermidas de habitação com um valor médio de 1,82 MPa. As argamassas de gesso apresentam uma resistência média de 0,72 MPa, naturalmente inferior à resistência observada nas argamassas de cal aérea.

Tabela 15 - Resistências médias à compressão das argamassas.

	Amostras Convento	Amostras Via-sacra	Amostras Ermidas	Argamassas de gesso
Média (MPa)	2,38	2,17	1,82	0,72
Desvio padrão (MPa)	0,63	1,62	0,05	0,12

Como é possível verificar na tabela 16, nas argamassas de cal aérea a variação do coeficiente de capilaridade médio entre as diferentes amostras é reduzida. As argamassas provenientes

do convento e da Via-Sacra apresentam valores médios muito similares e são os mais elevados, observando-se o menor valor nas amostras das ermidas de habitação.

Tal como o coeficiente de capilaridade, o índice de secagem revela uma variação reduzida nestas argamassas. Em termos quantitativos, os índices de secagens médios apresentam-se baixos o que reflete uma boa capacidade das amostras em perderem água. As amostras das ermidas são as que apresentam maior rapidez no processo de secagem e as do convento as que apresentam maior dificuldade. O facto de revelarem facilidade no processo de secagem é muito positivo, pois à partida garantirá uma maior durabilidade da argamassa.

Como era previsível a amostra de cimento Cap27-ARIII apresentam menor capacidade de absorção e menor capacidade de secagem.

Tabela 16 - Coeficiente de capilaridade e índice de secagem médios das argamassas.

	Amostras Convento	Amostras Via-sacra	Amostras Ermidas	Argamassas de cimento (Cap27-ARIII)
Coeficiente de capilaridade (kg/m².h^{1/2})	12,07	12,55	9,15	1,09
Índice de secagem	0,31	0,29	0,27	0,62

Apesar de serem observadas similitudes nos valores médios de algumas características das argamassas, a análise individual induz uma perspetiva distinta sendo possível identificar vários tipos de argamassas, tanto em edifícios distintos como no mesmo edifício. A capela 21 (Passo do Pretório) é um exemplo onde existem argamassas com datações distintas. Observando as características das argamassas recolhidas nesta capela distinguem-se pelo menos dois tipos de argamassas, que serão descritos nos parágrafos seguintes.

As amostras Cap21-AA e Cap12-ARI, apesar de apresentarem ligeiras diferenças no coeficiente de capilaridade e resistência mecânica são muito semelhantes nas restantes características, com traços de 1:5 e 1:4 em termos da relação dos pesos de ligante e agregado, e mesmo do aspeto visual do agregado e da amostra. A Cap21-AC apresenta características muito semelhantes a estas duas, diferindo apenas no o aspeto do seu agregado.

As amostras Cap21-ARII, Cap21-ARZT e Cap21-AAZT apresentam ligeiras diferenças no coeficiente de capilaridade mas revelam grandes semelhanças nas suas composições mineralógicas e químicas, e nas suas características físicas incluindo o aspeto visual dos agregados e das argamassas.

À semelhança da capela 21, na capela 27 (Passos da Segunda Queda) observa-se de uma forma mais evidente, que todas as amostras recolhidas apresentam características distintas, existindo duas argamassas de cal aérea (Cap27-ARI e Cap27-ARII) e uma argamassa de cimento (Cap27-ARIII).

A existência de mais de um tipo de argamassa no mesmo edificado é também verificado noutros edifícios, o que permitir pode-se concluir que foram realizadas anteriormente várias intervenções no património edificado da mata do Buçaco. É nos edifícios que constituem a Via-Sacra que se observa um maior número de intervenções, pois regista-se uma maior variedade do tipo de argamassas. Esta variedade pode estar relacionada com o facto de certas capelas estarem mais sujeitas a fenómenos de degradação do que outras, existindo uma necessidade mais frequente de serem intervencionadas, o que por sua vez, leva à diferenciação de argamassas. O convento estando localizado num espaço mais amplo encontra-se menos intervencionado mas mesmo assim observam-se argamassas com diferentes momentos de produção.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DE CERÂMICOS

Na campanha da recolha de amostras foram recolhidas quatro amostras cerâmicas, duas telhas e dois tijolos.

Os dois tijolos recolhidos em edifícios distintos têm características diferentes. O tijolo Cap21-Tij apresenta ser de produção mais recente contendo dois furos e tendo 80 mm de altura, cerca de 13 mm de largura e o seu comprimento não pôde ser determinado, pois o tijolo encontrava-se danificado. Já o tijolo ESJ-Tij.Alt aparenta ter mais idade, comprovado pela sua coloração mais escura e a sua textura irregular, sendo um tijolo maciço com dimensões aproximadas 110×30×250 mm.

Relativamente às telhas recolhidas em diferentes edifícios pode-se observar que apresentam características muito distintas. Observando a telha recolhida na Varanda de Pilatos (VP-T)

pode-se afirmar que é mais antiga do que a telha recolhida na ermida de habitação de Nossa Senhora da Assunção (ENSA-T). A telha VP-T tem uma forma transversal semicircular, dimensões e coloração escura que lhe atribui um aspeto antigo. A telha ENSA-T tem uma cor mais viva (laranja), uma textura lisa e secção transversal quadrangular e arredondada nos vértices, que lhe confere um aspeto mais recente.

Dadas as diferentes funções para as quais as telhas e os tijolos foram concebidos executou-se diferentes ensaios nos elementos cerâmicos recolhidos. A tabela 17 ajuda a esclarecer quais os ensaios efetuados em cada amostra.

Tabela 17 - Ensaios realizados em cada amostra cerâmica.

Amostra	Absorção de água por capilaridade	Absorção de água em telhas	Ensaio de impermeabilidade em telhas	Resistência à compressão	DRX	FRX	Módulo de elasticidade
Cap21-Tij	X			X	X	X	X
ESJ-Tij.Alt	X			X	X	X	X
VP-T		X	X		X	X	
ENSA-T		X	X		X	X	

4.2.1. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Tal como nas argamassas o coeficiente de capilaridade das amostras cerâmicas foi obtido através do declive da reta relativa aos primeiros pontos do gráfico da quantidade de água absorvida por unidade de área da base do provete (kg/m^2) em função da raiz quadrada do tempo (\sqrt{h}). Os gráficos do ensaio da absorção de água por capilaridade podem ser consultados nas fichas de resultados de cada amostra no anexo A.

Analisando os coeficientes de capilaridade (Figura 87) obtidos para as amostras cerâmicas, verifica-se que a amostra Cap21-Tij referente ao tijolo com aspeto mais recente tem maior capacidade de absorção, com um coeficiente de $4.40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$. Já a amostra ESJ-Tij.Alt referente ao tijolo com aspeto antigo, apresenta um coeficiente de $2.66 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$.

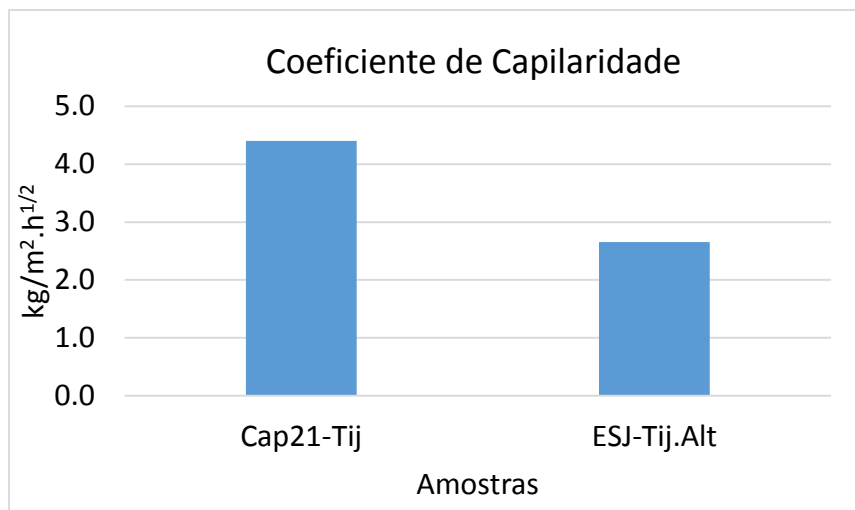


Figura 87 - Coeficiente de capilaridade nas amostras cerâmicas.

Os coeficientes de capilaridade obtidos para estas amostras cerâmicas são mais baixos relativamente aos coeficientes de capilaridade obtidos nas amostras de argamassas, com exceção da amostra Cap27-ARIII, que por ser uma argamassa de cimento apresenta um coeficiente de capilaridade inferior a estes. Estes coeficientes baixos indicam que estas amostras cerâmicas têm uma absorção por capilaridade lenta.

4.2.2. ÍNDICE DE SECAGEM

À semelhança das amostras de argamassa, na sequência do ensaio de absorção por capilaridade e depois das amostras de argamassa atingirem a absorção máxima, estas foram colocadas no tabuleiro seco onde se registou a perda de água ao longo do tempo. Os gráficos relativos à curva de secagem de cada amostra podem ser consultados no anexo A e na figura 88.

Observando as curvas de secagem foram evidenciadas semelhanças entre as duas curvas, onde inicialmente as amostras perdem água de uma forma rápida e relativamente constante e seguida por uma fase mais morosa tendo as amostras alguma dificuldade em perder água. De referir que as amostras nunca chegam a atingir o peso inicial devido à humidade que permanece no seu interior.

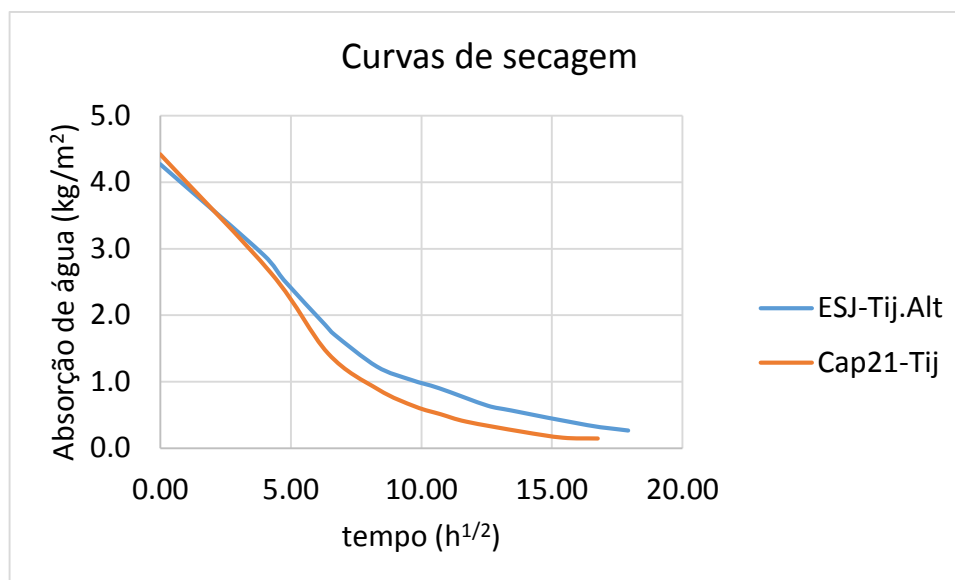


Figura 88 - Curva de secagem das amostras cerâmicas.

Entre estas amostras, a Cap21-Tij é aquela em que foi obtido um índice de secagem mais baixo, com um valor de 0,18, enquanto a ESJ-Tij.Alt apresenta um índice de 0,22. O índice de secagem médio das amostras cerâmicos é de 0,20 (Tabela 18).

Tabela 18 - Índice de secagem das amostras cerâmicas.

Amostra	IS
Cap21-Tij	0,18
ESJ-Tij.Alt	0,22

Os índices de secagem alcançados são baixos comparativamente às amostras de argamassa, o que significa que têm maior facilidade em perder água o que é benéfico para o material em questão.

4.2.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA EM TELHAS

O ensaio da absorção de água nas telhas cerâmicas recolhidas, ENSA-T e VP-T, permite constatar que ambas têm uma percentagem de absorção equivalente, com valores de 10 % e 9 %, respetivamente.

Tabela 19 - Absorção de água em telhas cerâmicas.

Amostra	m0 (kg)	mf (kg)	% de água absorvida
ENSA-T	0,898	0,990	10
VP-T	0,638	0,697	9

Comparando os resultados obtidos (Tabela 19) com os resultados presentes em fichas técnicas de telhas de diversas marcas, pode-se afirmar que os resultados estão dentro dos padrões normais para telhas vulgares (abaixo de 13% de absorção de água). Em algumas modelos de telhas foi possível observar que a percentagem de absorção era muito reduzida, cerca de 3 % a 4 %, pelo facto de serem telhas que têm uma resistência aos ciclos de gelo-degelo.

Apesar dos bons resultados alcançados, é de referir que a norma NP 499 foi anulada e substituída pela norma europeia EN 539-2:2006, cuja versão portuguesa é a NP EN 539-2:2007, referente aos ensaios de resistência ao gelo e que por sua vez, segundo o Instituto Português da Qualidade, também se encontra anulada. (Instituto Português da Qualidade, 2012)

Recorrendo á norma americana ASTM C 1167 – 03, é possível relacionar indiretamente propriedades das telhas, neste caso absorção de água, com a resistência ao gelo, através da tabela 20. (Cruz, 2010)

Tabela 20 - Relação entre a absorção de água e a resistência ao gelo.

Nível expectável de resistência ao gelo	Absorção máxima de água (%)	
	Média de cinco telhas	Valor individual
Nível 1 Resistência à ação severa do gelo	6	8
Nível 2 Resistência à ação moderada do gelo	11	13
Nível 3 Baixa resistência à ação do gelo	13	15

Analisando a tabela 20 verifica-se que as telhas apresentam uma percentagem de absorção de água que as enquadra no nível 2 de resistência ao gelo, ou seja, são resistentes a uma ação moderada do gelo.

4.2.4. IMPERMEABILIDADE EM TELHAS

A impermeabilidade é uma característica muito importante nos elementos que constituem uma cobertura para que ela tenha um bom desempenho ao nível da estanquidade quando solicitado. Foi nesta linha de raciocínio que foi executado o ensaio da impermeabilidade em ambas as telhas recolhidas nos edifícios do Buçaco.

Na tabela 21 encontram-se apresentados os resultados obtidos no ensaio da impermeabilidade.

Tabela 21 - Estanquidade das telhas.

Amostra	Xi (h)	ICXi
ENSA-T	Não pingou	0
VP-T	Não Pingou	0

Como é possível observar na tabela 21, passadas as 20 horas predefinidas para o final do ensaio, não ocorreu a queda de gotas de água na camada de areia fina colocada no tabuleiro. Com estes resultados alcançados pode se afirmar que as telhas recolhidas têm um bom desempenho ao nível da impermeabilidade. Contudo estes resultados devem ser lidos com algum cuidado uma vez que não foi possível realizar este ensaio em mais de 50% da área da telha, como está descrito na norma EN NP 539-1.

4.2.5. RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO

O ensaio à compressão foi realizado nas amostras cerâmicas Cap21-Tij e ESJ-Tij.Alt, tal como sucedido em quase todas as amostras de argamassa, devido à sua reduzida espessura foi necessário proceder ao confinamento de ambas as amostras e posteriormente correção de tensão de rutura utilizando a fórmula de *Drdácky*. É necessário especial atenção para facto

de a amostra Cap21-Tij, tijolo cerâmico com dois furos, não ter sido ensaiado conforme é utilizado, sendo cortada uma parte do tijolo com cerca de 40×40 mm, que foi posteriormente confinada.

As resistências à compressão de ambas as amostras são elevadas obtendo-se resultados acima dos 10 MPa. A amostra ESJ-Tij.Alt, tijolo maciço com aspeto antigo, foi aquela onde se verificou a maior resistência com um valor de 13,78 MPa. Já na amostra de Cap21-Tij foi alcançada uma resistência no valor de 10,66 MPa (Figura 89).

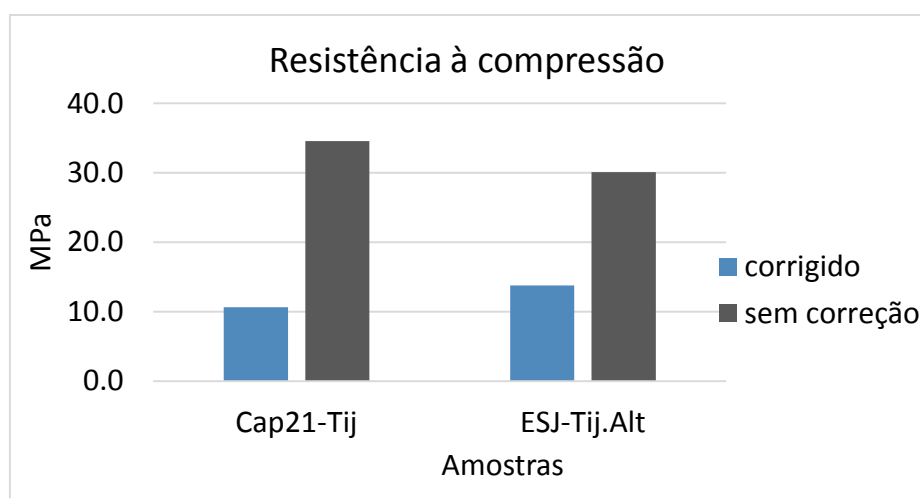


Figura 89 - Resistência à compressão das amostras cerâmicas.

Segundo a norma portuguesa NP 80, a resistência à compressão obtida no tijolo maciço ESJ-Tij.Alt é normal e é classificada como sendo pertencente á classe A, classe de maior resistência. Relativamente à amostra Cap21-Tij não pode ser comparada com valores tabelados da norma NP 80, pelo facto de não ter sido possível realizar o ensaio à compressão segundo as suas verdadeiras características físicas, podemos contudo afirmar que o material constituinte deste tijolo apresenta uma boa resistência à compressão.

4.2.6. DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA (FRX)

Tabela 22 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras cerâmicas.

Amostra	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
Cap21-Tij	0,25	1,76	18,50	68,15	0,07	0,05	0,06	2,80	0,43	0,96	0,01	0,03	5,80	0,95
ESJ-Tij.Alt	0,51	0,69	29,91	56,01	0,08	0,07	0,01	3,13	0,11	1,40	0,02	0,01	6,90	0,95
VP-T	0,13	0,62	31,18	58,94	0,08	0,04	-	2,12	0,68	0,61	0,01	0,01	3,78	1,48
ENSA-T	0,23	1,82	19,31	68,46	0,11	0,05	-	2,69	0,29	1,00	0,01	0,03	5,12	0,73

Analisando as composições químicas das amostras cerâmicas (Tabela 22) observa-se similaridade entre as Cap21-Tij e ENSA-T. A percentagem de óxido de silício é elevada nestas amostras com um valor médio de 68,31 %. O óxido de alumínio também apresenta percentagem elevada com um valor médio de 18,91 %. Os óxidos de ferro, potássio e magnésio, exibem percentagens mais reduzidas mas relevantes.

As amostras ESJ-Tij.Alt e VP-T revelam semelhança química, com uma grande presença de óxido de silício, embora um pouco inferior às amostras anteriores. Nestas amostras o óxido de alumínio exibe percentagem um pouco superior, e os óxidos de potássio e ferro apresentam valores semelhantes às restantes amostras cerâmicas.

4.2.7. DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA (DRX)

Tabela 23 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras cerâmicas.

Amostra	Quartzo	Mulita	Feldspato	Hematite
Cap21-Tij	++++	-	Vstg.	+
ESJ-Tij.Alt	++++	++++	-	+
VP-T	++++	++++	+	Vstg.
ENSA-T	++++	-	Vstg.	+

(++++ para abundante a + para presente).

Pela tabela 23 constata-se que as amostras Cap21-Tij. e ENSA-T apresentam composição mineralógica semelhante. Nestas amostras observa-se uma presença abundante de quartzo, justificando assim a percentagem de sílica detetada na composição química. A hematite derivada da presença de óxido de ferro, está presente nestas amostras em menor abundância, onde também foram encontrados vestígios de feldspato potássicos.

Nas amostras ESJ-Tij.Alt e VP-T observa-se abundante presença dos minerais quartzo e mulita (mineral utilizado no fabrico de materiais cerâmicos). O feldspato foi detetado na amostra VP-T em menor quantidade que os minerais anteriores e foram encontrados vestígios de hematite nestas duas amostras. A presença de quartzo, mulita e feldspato esclarecem as percentagens de sílica, óxido de alumínio e óxido de potássio verificadas na composição química e a percentagem de óxido de ferro é justificada pela presença de hematite.

4.2.8. MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO

O módulo de elasticidade é um parâmetro importante na caracterização de materiais, pois revela a rigidez de um material sólido, através da razão entre a tensão exercida e a deformação que ocorre no material. Esta característica é fundamental em materiais como tijolos, pois estão sujeitos a tensões que podem levar a ocorrência de deformações.

Como referido no ponto 3.2.5., para determinação deste parâmetro foi utilizado um aparelho de medida da velocidade de propagação dos ultra-sons-PUNDIT, na qual as amostras teriam de ter dimensões na ordem de 40x40x160 mm. Pelo facto da amostra Cap21-Tij se encontrar danificada, apenas foi utilizada a secção que está representada na figura 90, com dimensões 20x110x150 mm. Relativamente à amostra ESJ-Tij.Alt, foram endireitadas as extremidades para que os transdutores ficassem bem alinhados, ficando a amostra com dimensões 25x111x240 mm.

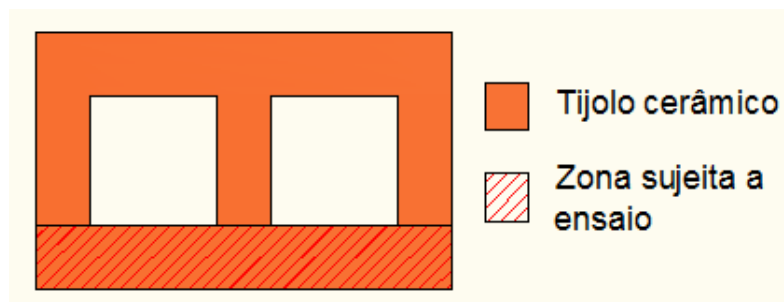


Figura 90 - Secção transversal da amostra Cap21-Tij utilizada no ensaio do PUNDIT.

Na tabela 24 estão apresentados os módulos de elasticidade obtidos com o PUNDIT, com a amostra ESJ-Tij.Alt. a alcançar o valor mais elevado.

Tabela 24 - Módulo de elasticidade dos tijolos cerâmicos.

Amostra	Módulo de elasticidade (GPa)
Cap21-Tij	18
ESJ-Tij.Alt.	28

Segundo uma pesquisa realizada em várias publicações sobre propriedades de tijolos, foi possível verificar que o módulo de elasticidade apresentava valor maioritariamente entre 5 GPa e 20 GPa. (Kaushik, Ra, & Jain, 2007) (Totoev & Nichols) (Hossain, Ali, & Rahman, 1997)

Analisando e comparando os resultados alcançados nas amostras com os valores observados nas publicações, pode-se afirmar que o resultado alcançado na amostra Cap21-Tij, 18 GPa, encontra-se dentro dos valores comuns para o tipo de material, já o resultado registado na amostra ESJ-Tij.Alt. supera os valores de referência.

As comparações feitas entre os valores das publicações e os resultados obtidos nas amostras devem ser cuidadas uma vez que, nas publicações foi utilizado um método mais direto de análise do módulo de elasticidade, onde se relaciona a tensão de compressão com a deformabilidade dos tijolos, enquanto que no ensaio do PUNDIT a relação entre a velocidade de propagação das ondas sonoras e o módulo de elasticidade não é tão direta. É importante referir que existe um erro associado pelo facto da dimensão da espessura das amostras não ser a ideal (reduzida).

4.2.9. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos resultados alcançados nos diferentes ensaios nas amostras cerâmicas é possível tirar algumas conclusões. Começando pelos tijolos cerâmicos, verifica-se que se tratam de materiais com origens diferentes, como já era expectável pelo aspeto físico que apresentava características muito distintas. A amostra Cap21-Tij revela sensivelmente o dobro da capacidade de absorção de água por capilaridade do que a amostra ESJ-Tij.Alt, assim como também apresenta uma maior facilidade no processo de secagem. Relativamente à resistência mecânica a amostra ESJ-Tij.Alt revela maior resistência à compressão. As diferenças entre estes materiais estendem-se às suas composições químicas e mineralógicas, sendo evidente a presença abundante de mulita na amostra ESJ-Tij.Alt, ao invés da amostra Cap21-Tij onde não foi detetado este mineral. Com isto pode-se concluir que se tratam de materiais com momentos de produção distintos.

Relativamente às amostras de telha, apresentaram bons resultados nos ensaios de impermeabilidade e de absorção máxima de água, confirma a sua estanquidade e uma absorção máxima em conformidade com a absorção máxima de água de telhas comercializadas. Através da norma americana ASTM C 1167-03 foi possível concluir a partir da absorção máxima, que estas telhas apresentavam resistência a uma ação moderada do gelo. As composições químicas apresentavam ligeiras diferenças nas percentagens de óxido de alumínio e óxido de silício. A diferença foi mais evidente na composição mineralógica onde se observa a presença abundante de mulita na amostra VP-R, mineral utilizado no fabrico de cerâmica e que não é detetado na amostra ENSA-T. Posto isto conclui-se que estas telhas têm um bom desempenho mesmo considerando que foram produzidas em épocas diferentes, o que foi confirmado pela composição química, mineralógica e aspeto físico.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DE ROCHAS

Na fase experimental de recolha de amostras foram recolhidos seis fragmentos de rochas em diferentes edifícios. As amostras C1-R1 e C2-R2 foram recolhidas do embrechado de entrada do convento e ambas apresentam em termos de coloração uma cor rosa esbranquiçada e brilho baço e a sua superfície é lisa. As amostras C2-R2 e VP-R foram recolhidas em

embrechados de edifícios distintos e visualmente apresentam as mesmas características com cor branca translúcida e superfície regular. Já a amostra C1-R3, também recolhida no embrechado do convento, apresenta coloração cinzenta escura e textura lisa. O único fragmento de rocha que não foi recolhido nos embrechados, ESJ-RJ, apresenta uma coloração grená e superfície irregular

Segundo as informações recolhidas no *site* da fundação da mata do Buçaco, os fragmentos de rocha brancos presentes nos embrechados são quartzo, possivelmente o caso das amostras C1-R1, C1-R2, C2-R e VP-R, e os fragmentos de rocha escuros são basalto, possivelmente o caso do fragmento C1-R3. No *site* não é feita referência às rochas do beiral das janelas da ermida de São José mas pela sua aparência supõe-se que se trata de uma rocha sedimentar.

Uma vez que as amostras apresentavam dimensões reduzidas, para caracterização destas rochas apenas foi possível realizar a determinação das suas composições químicas e mineralógicas.

4.3.1. DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA (FRX)

Tabela 25 - Composição química determinada por FRX às amostras de rocha.

Amostra	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
C1-R1	0,02	0,11	1,23	96,87	0,01	0,03	0,01	0,05	0,09	0,03	0,01	0,01	0,65	0,87
C1-R2	0,04	0,21	3,56	94,04	0,03	0,02	-	0,71	0,06	0,31	0,01	0,01	0,41	0,55
C1-R3	0,24	0,86	7,88	34,39	0,76	0,12	0,05	2,02	1,30	0,28	0,01	2,42	49,33	0,25
C2-R	0,02	0,06	0,17	98,92	0,01	0,04	0,01	0,02	0,05	-	0,01	-	0,46	0,23
VP-R	0,02	0,07	0,14	98,38	-	0,02	-	0,02	0,05	-	0,01	0,01	0,99	0,28
ESJ-RJ	1,03	1,24	22,63	55,66	0,06	0,76	0,95	2,85	0,24	0,44	0,03	0,01	6,89	7,06

Analisando a tabela 25 constata-se que as amostras C1-R1, C1-R2, C2-R e VP-R, apresentam composições químicas muito semelhantes onde se verifica uma percentagem elevada de óxido de silício, entre 94 % e 99 %. Esta elevada percentagem de óxido de silício

vai de encontro ao que era expectável, indicando a grande possibilidade da presença de quartzo.

Na amostra C1-R3 verifica-se a percentagem de óxido de ferro elevada com cerca de 49,33%. A sílica também apresenta percentagem elevada, sendo a segunda maior com cerca de 34,39%. As percentagens de óxido de alumínio, ferro e potássio, são pequenas mas não devem ser desprezadas.

Na amostra ESJ-RJ observa-se uma percentagem de óxido de silício elevada com 55,66%, seguida de uma percentagem de óxido de alumínio de 22,63%. A percentagem de óxido de ferro tem uma percentagem de 6,89% e embora seja reduzida é relevante.

4.3.2. DETERMINAÇÃO DE COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA (DRX)

Tabela 26 - Composição mineralógica determinada por DRX às amostras de rocha.

Amostra	Quartzo	Feldspato	Magnetite	Faialite	Caulinite	Muscovite	Hematite	Halite
C1-R1	++++	-	-	-	-	-	-	-
C1-R2	++++	-	-	-	-	-	-	-
C1-R3	+	+	++++	++++	-	-	-	-
C2-R	++++	-	-	-	-	-	-	-
VP-R	++++	-	-	-	-	-	-	-
ESJ-RJ	++++	-	-	-	+++	++	++	+

(++++ para abundante a + para presente).

Observando as composições mineralógicas apresentadas na tabela 26 constata-se que as amostras C1-R1, C1-R2, C2-R e VP-R revelam a presença apenas de um só mineral, o quartzo, como já era espectável pela elevada percentagem de óxido de silício na composição químicas destas amostras.

A amostra C1-R3 revela a presença abundante de dois minerais, a faialite e a magnetite. A faialite é um mineral pertencente ao grupo da olivina, já a magnetite é o mineral mais

magnético na terra. Estes minerais explicam as elevadas percentagens de óxido de ferro e silício observadas na composição química. Nesta amostra também é possível observar a presença de quartzo e feldspato que estão relacionados com as percentagens de óxido de silício, alumínio e potássio, observadas na composição química.

Na amostra ESJ-R observa-se a presença abundante de quartzo seguido da presença de caulinite e pela presença menos abundante de muscovite, hematite e halite. O quartzo, a caulinite e a muscovite justificam as percentagens de óxidos de silício, alumínio e potássio, presentes na amostra. A hematite está relacionada com a percentagem de óxido de ferro e a presença de halite vai de encontro às percentagens de óxido de sódio e cloro, indicando a presença de sais na amostra.

4.3.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os resultados da composição química e mineralógica foi possível confirmar que as amostras C1-R1, C1-R2, C2-R e VP-R, que apresentam uma cor branca são de facto fragmentos de quartzo. As composições químicas já revelam a grande hipótese de se tratar de quartzo, pois apresentam elevadas percentagens de óxido de silício. Com a determinação da composição mineralógica confirmou-se que se tratava de quartzo, sendo o único mineral detetado.

Minerais como a faialite, que pertence ao grupo da olivina, a magnetite, o quartzo e feldspato, presentes na amostra C1-R3, são minerais que podem ser encontrados em rochas ígneas, nomeadamente basalto. Assim comprova-se a possibilidade de que alguns fragmentos de rochas escuras existentes nos embrechados dos edifícios do Buçaco são de rochas ígneas, embora exista a possibilidade de que na realização de obras de recuperação se tenha utilizado outro material com aspeto semelhante.

A amostra ESJ-RJ, com uma superfície irregular onde se podiam observar uma espécie de junção de pequenos fragmentos com tonalidades um pouco diferentes, revelou a presença de minerais que podem ser encontrados em rochas sedimentares. Pela sua aparência e composições química e mineralógica, pode se concluir que se trata de uma rocha sedimentar detrítica sendo possivelmente um arenito.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o principal objetivo a que este trabalho se propunha, que era o de conhecer as propriedades químicas, mineralógicas e físicas dos materiais construtivos do património edificado da mata do Buçaco, foi cumprido.

No que respeita a argamassas concluiu-se que existe a utilização de argamassas com ligantes de gesso, cimento e cal aérea. As argamassas de gesso foram observadas no interior da ermida de São José na zona do altar. As argamassas de cal aérea são utilizadas em revestimentos interiores e exteriores das paredes e também são utilizadas como argamassas de assentamento. As argamassas de cimento são observadas pontualmente nos revestimentos de parede e em trabalhos de embrechados.

Nas argamassas de cal aérea o traço relativamente aos pesos de ligante e agregado varia usualmente entre 1:3, 1:4 e 1:5, apresentando um agregado maioritariamente de quartzo, com a presença de filossilicatos e feldspatos na maioria das amostras analisadas. A sua granulometria apresenta uma grande variedade dificultando a definição de uma granulometria padrão, embora seja possível concluir que os peneiros 0,250, 0,500, 1 mm apresentam as maiores percentagens na maioria das amostras. Quanto à resistência à compressão conclui-se que variam entre 1,82 MPa e 2,38 MPa, e possuem uma boa capacidade de absorção de água por capilaridade e um bom desempenho no processo de secagem que é crucial para a reduzir a probabilidade de ocorrência de danos pelo fenómeno de cristalização.

Outra conclusão que se pode retirar é facto do património edificado se encontrar muito intervencionado, verificando-se a utilização de argamassas com diferentes características no mesmo edifício, até mesmo argamassas com ligantes diferentes foram observados na mesma fachada. Esta variedade de argamassas é facilmente observada pela sua coloração sendo possível identificar quatro colorações distintas: bege, rosa, branca e cinzenta. As argamassas de cal aérea apresentam coloração bege, rosa e branca, e as argamassas de gesso apresentam cor branca. As de coloração cinzenta dizem respeito a argamassas de cimento cuja utilização não é aconselhável por apresentarem características muito distintas das argamassas de cal aérea, como é o caso da capacidade de perda água ser muito inferior, o que reduz a durabilidade das argamassas originais contíguas. Para além disto, a utilização deste material

na execução de embrechados inviabiliza a reutilização dos fragmentos de rocha numa futura intervenção, pela difícil tarefa de limpeza do fragmento.

Relativamente aos cerâmicos concluiu-se que as telhas apresentam um bom desempenho ao nível de estanquidade, sendo possível a sua reutilização. Conclui-se também que se tratam de telhas com origens diferentes, comprovado pelas composições químicas e mineralógica, mas também pelo seu aspeto físico. Assim presume-se que a telha VP-AR aparenta ser o material originalmente utilizado, sendo uma telha em canudo com cor vermelha escura e com dimensões ligeiramente variáveis.

Nos tijolos cerâmicos concluiu-se que são materiais com origens diferentes, e que o uso do tijolo de Cap21-Tij como alvenaria na parede da capela 21 terá ocorrido numa das intervenções realizadas, não sendo o material utilizado no momento da construção da capela. Já o tijolo ESJ-Tij.Alt aparenta ser um material originalmente utilizado na construção do altar da ermida de habitação de São José.

No que diz respeito aos fragmentos de rocha analisados, conclui-se que os fragmentos de rocha brancos encontrados nos embrechados tratam-se de facto de quartzo, e que os fragmentos de rocha escura tratam-se de fragmentos de rocha ígneas, possivelmente basalto, embora exista a hipótese de se encontrar outros materiais de aparência semelhante. Relativamente ao fragmento de rocha recolhido na janela da ermida de São José concluiu-se que se trata de uma rocha sedimentar, possivelmente arenito.

Este estudo realizado aos materiais construtivos dos edifícios do Buçaco contribui para uma melhor compreensão das suas características, de modo a que em futuras ações de reabilitação e conservação sejam aplicados materiais compatíveis com os existentes, o que proporcionará reparações com maior garantia de qualidade e durabilidade. Seguindo este raciocínio propõe-se como trabalho futuro, o estudo e o desenvolvimento de argamassas compatíveis com as presentes no Buçaco, para que sejam utilizadas em futuras reparações.

Propõe-se também, o aprofundamento do estudo dos embrechados a fim de se conhecer todos os materiais utilizados na sua execução uma vez que podem ter sido utilizados materiais com aparência semelhante e características diferentes aos estudados, em ações de reabilitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albergaria, I. S. (1997). Os embrechados na arte portuguesa dos jardins. Em *Arquipélago - História* (pp. 459-488).
- ASTM C 1167-03 (2003) - Standard specification for clay roof tiles. ASTM International.USA.
- *Camara Municipal da Mealhada*. (2013). Obtido de <http://www.cm-mealhada.pt/>
- Carrero, M. P. (23 de 1 de 2013). *Público*. Obtido de Jornal público: <http://www.publico.pt/>
- Castro, A. M. (1896). *Guia histórico do viajante no Bussaco*. Coimbra: Impresa da Universidade.
- *CMU Ltd - Distributors of Testing Equipament and Labware*. (2013). Obtido de <http://www.cmhtest.co.uk/>
- Cruz, C. J. (2010). *Comportamento e durabilidade de telhas cerâmicas*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- EN-1015-18 (1999) - Methods of test for mortar for masonry – Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened rendering mortar, CEN.
- *Fundação da Mata do Bussaco*. (2012). Obtido de <http://www.fmb.pt/>
- Gil, L. (2006). *A cortiça como material de construção*. APCOR – Associação Portuguesa de Cortiça.
- Gomes, P. V. (2005). *Buçaco, o deserto do Carmelitas Descalços*. Coimbra: XM.
- Hossain, M. M., Ali, S. S., & Rahman, M. A. (1997). Properties of masonry constituents. *Journal of Civil Engineering*.
- *Instituto Português da Qualidade*. (2012). Obtido de IPQ: www.ipq.pt

- *IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera*. (2013). Obtido de <http://www.ipma.pt/>
- Kaushik, H. B., Ra, D. C., & Jain, S. K. (2007). *Stress-Strain Characteristics of Clay Brick Masonry*. JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING © ASCE.
- *La Bastie d'Urfé en Forez*. (Junho de 2007). Obtido de <http://labastie.chez-alice.fr/rocaille.htm>
- LNEG. (2010). *Carta Geológica de Portugal*.
- *Luso / Tapada do Buçaco*. (2012 de Janeiro de 2012). Obtido de <http://escritocomluz.blogspot.pt/2012/01/luso-tapada-do-bucaco.html>
- M., D., D., M., M.D., M., & Z., S. (2008). *Compression tests on non-standard historic mortar*. Historical Mortars Conference.
- Miranda, R. (3 de Maio de 2005). *Trekearth*. Obtido de Trekearth: <http://www.trekearth.com/gallery/Europe/Portugal/South/Lisboa/Sintra/photo154108.htm>
- *Monumentos*. (2013). Obtido de SIPA - Sistema de Informação para o Património Arquitectónico: <http://www.monumentos.pt/>
- NP-499 (1968) - Telhas cerâmicas - Ensaio da absorção de Água.
- NP EN 539-1 (2007) - Telhas cerâmicas para colocação descontínua - Determinação das características físicas - Parte 1: Ensaio da Impermeabilidade.
- NP 80 (1964) - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios”. Edição Outubro 1975, IPQ, Lisboa
- *Portugal – Convento dos Capuchos - Sintra*. (3 de Março de 2012). Obtido de <http://gloriaqishizaka.blogspot.pt/2012/03/portugal-convento-dos-capuchos-sintra.html>
- Sacramento, F. J. (1721). *Crónica dos Carmelitas Descalços particular da Provincia de S. Filipe do Reino de Portugal e suas Conquistas*. Lisboa: Ferreyrenciana.
- Totoev, Y. ..., & Nichols, J. (s.d.). *A Comparative Experimental Study of the Modulus of Elasticity of*.

- Velosa, A., Rocha, F., Haugen, A., & Hole, E. (s.d.). Comparison between air lime and natural hydraulic lime mortars.
- *Versailles 3D*. (2014). Obtido de <http://www.versailles3d.com>

ANEXO A

FICHA 1

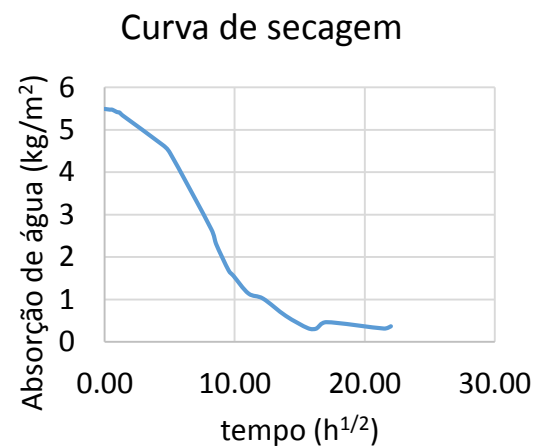
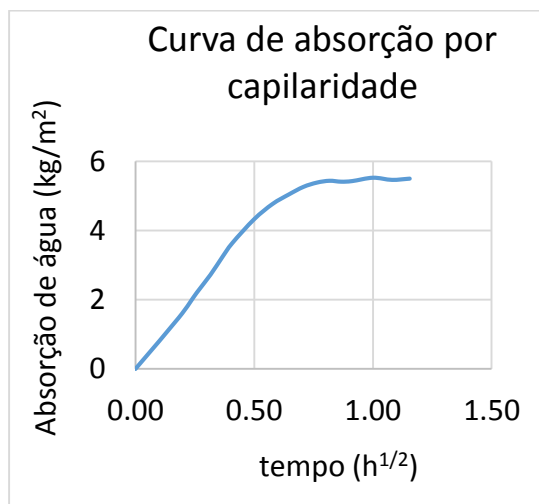
Referência da amostra: C1-AR

Local: Convento de Santa Cruz, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
7,68	0,34

Resistência à compressão:



$R_c = 2,23 \text{ MPa}$

FICHA 2

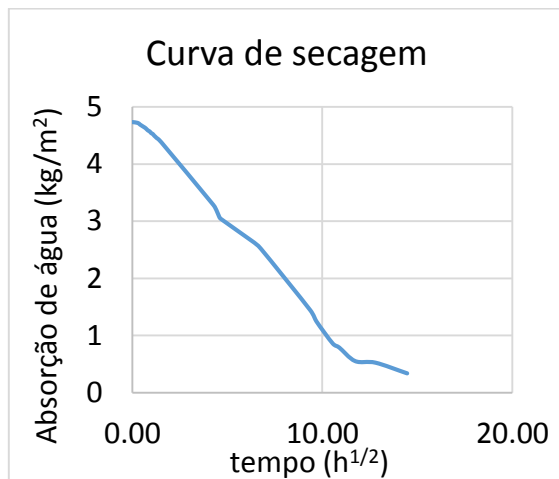
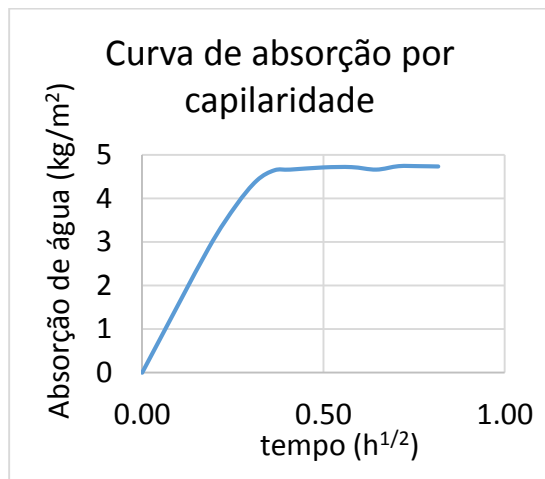
Referência da amostra: C1-AA

Local: Convento de Santa Cruz, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de assentamento



Absorção de água por capilaridade:



Coeficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
13,12	0,26

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
20	80

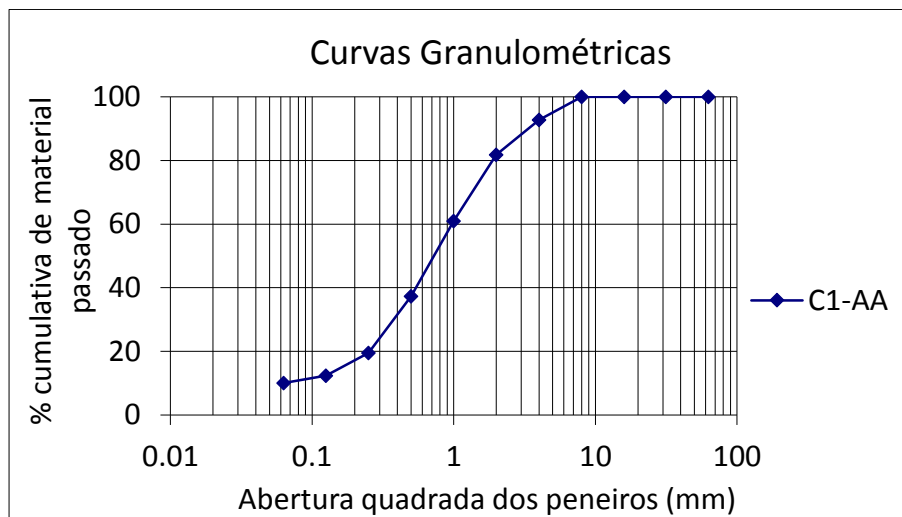
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,29	1,65	4,66	19,18	0,07	0,47	0,35	1,03	38,57	0,13	0,01	0,04	1,30	32,19

Diffractometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Feldspato	Filossilicatos	Aragonite
+++	++++	+	+	Vstg.

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,90 MPa

FICHA 3

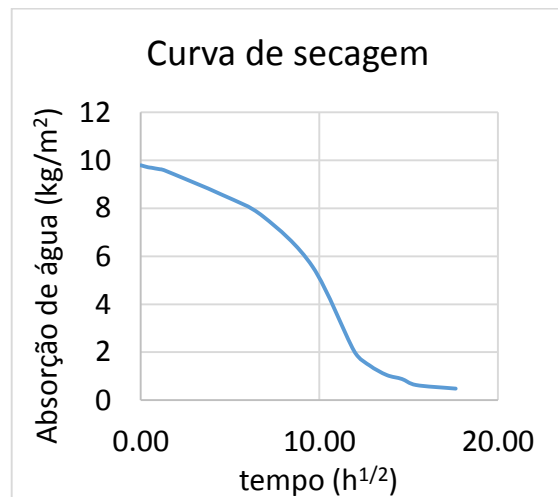
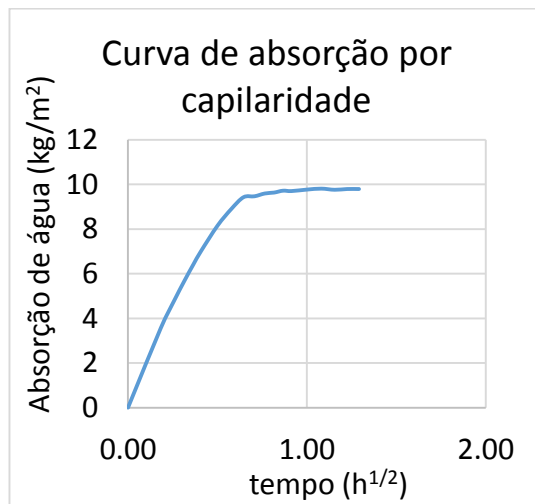
Referência da amostra: C3-AR

Local: Convento de Santa Cruz, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
15,40	0.34

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
15	85

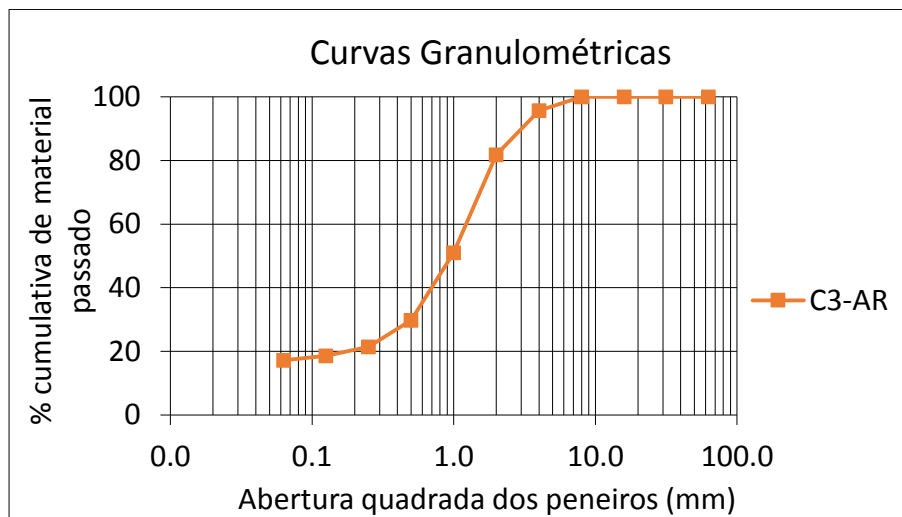
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,001	5,86	12,03	38,80	0,10	0,19	0,01	0,38	19,90	0,17	-	0,13	2,03	20,34

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Aragonite	Dolomite
++++	+++	+	++	+	Vstg.

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



R_c = 3,01 MPa

FICHA 4

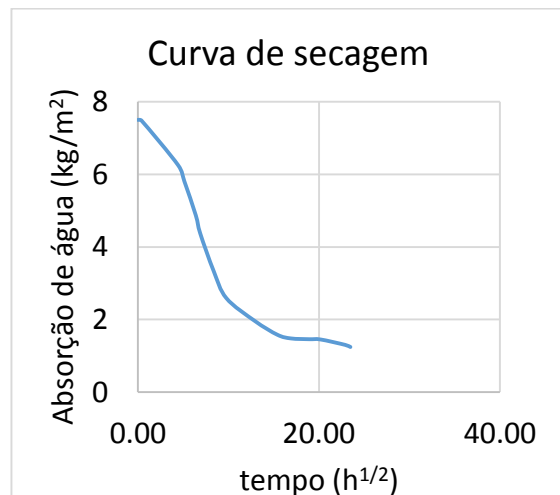
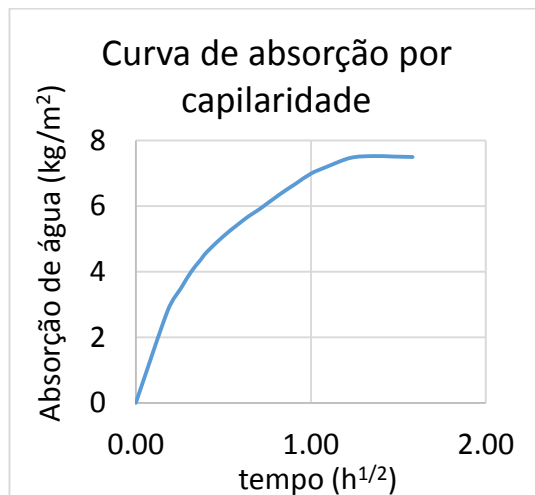
Referência da amostra: VP-AR

Local: Varanda de pilatos, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:

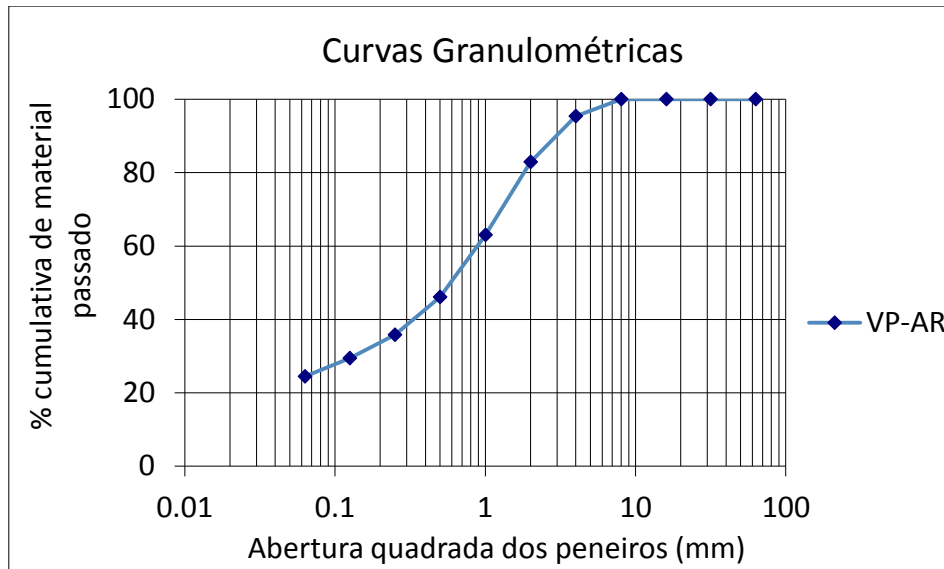


Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
11,26	0.24

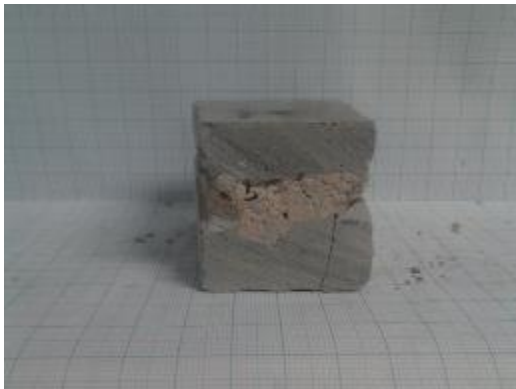
Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
29	71

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



$R_c = 3,26 \text{ MPa}$

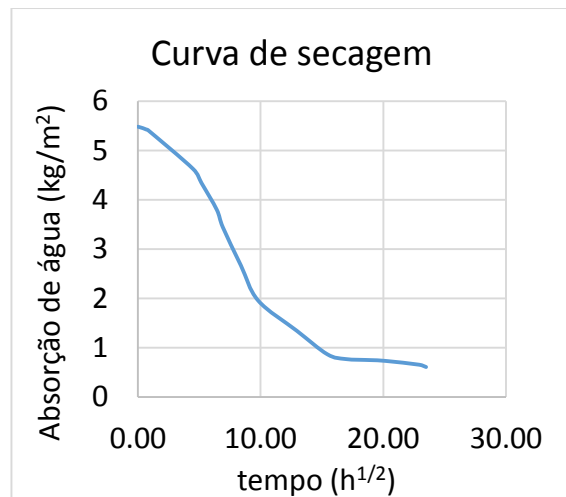
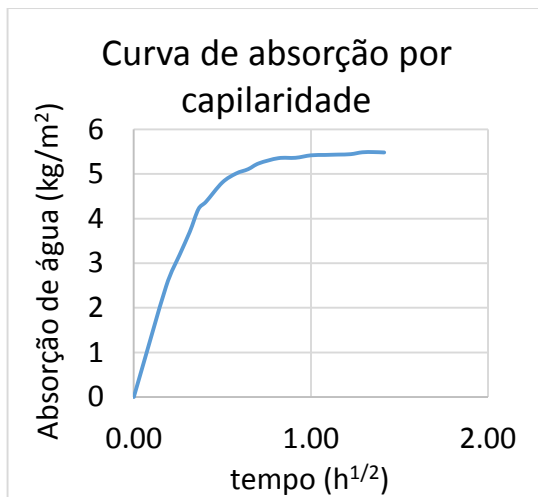
FICHA 5

Referência da amostra: VP-AT

Local: Varanda de pilatos, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de beiral de cobertura

Absorção de água por capilaridade:

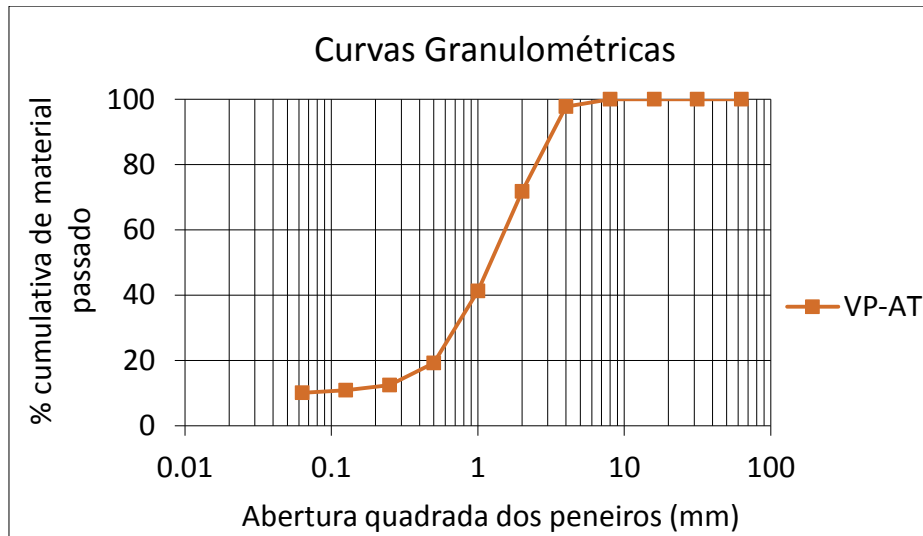


Coeficiente de capilaridade ($kg/m^2.h^{1/2}$)	Índice de secagem
9,76	0.25

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
32	68

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 2,21 MPa

FICHA 6

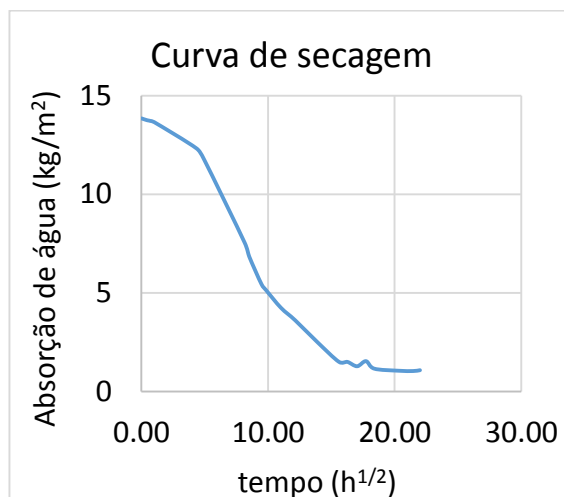
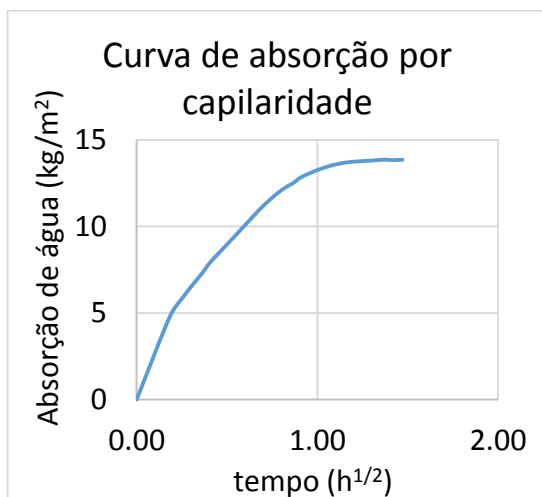
Referência da amostra: Cap21-AA

Local: Passo do Pretório, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
17,65	0.25

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
16	84

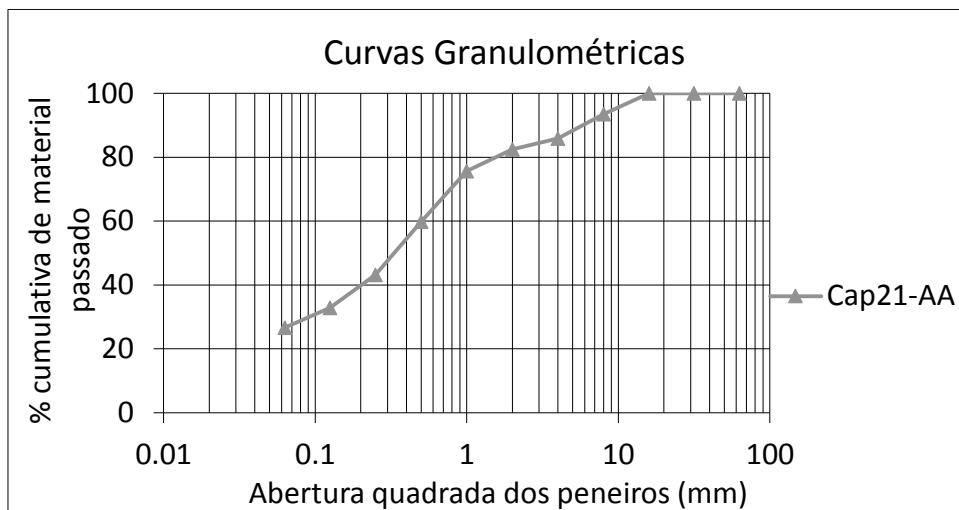
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,13	9,53	16,11	42,22	0,15	0,12	0,01	1,89	11,41	0,53	0,01	0,13	3,29	14,34

Diffractometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Feldspato
++++	+++	+	++	Vstg.

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 2,03 MPa

FICHA 7

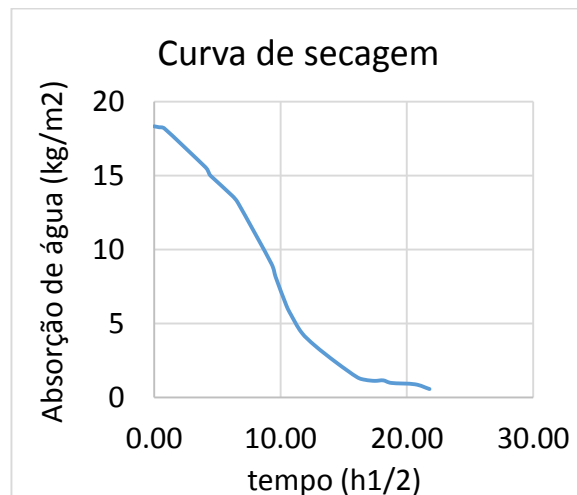
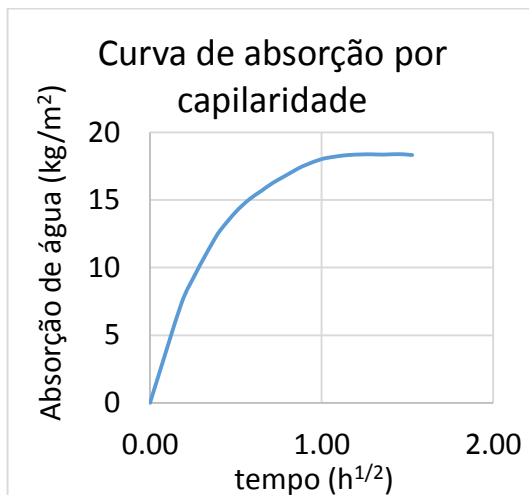
Referência da amostra: Cap21-AC

Local: Passo do Pretório, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de assentamento da cobertura



Absorção de água por capilaridade:



Coeficiente de capilaridade (kg/m².h ^{1/2})	Índice de secagem
28.29	0.22

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
19	81

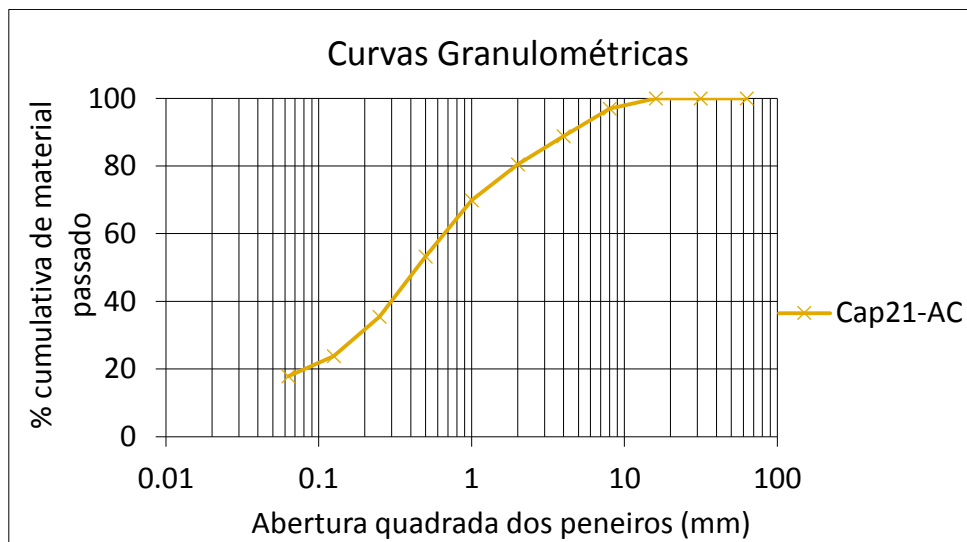
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,12	9,30	12,79	35,32	0,12	0,09	0,01	1,74	16,74	0,41	0,01	0,20	3,72	19,33

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Feldspato	Aragonite
++++	+++	Vstg.	++	+	+

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 2,29 MPa

FICHA 8

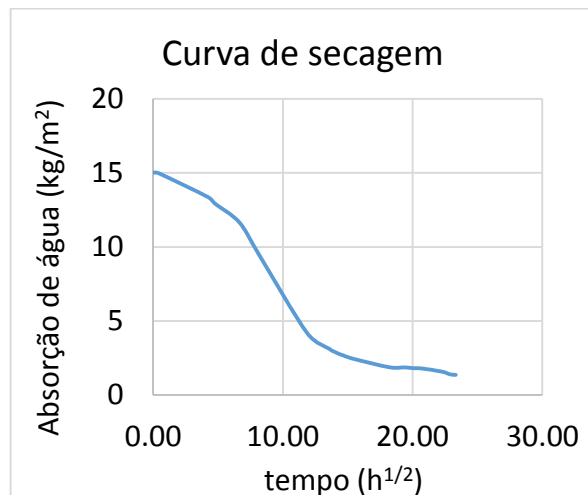
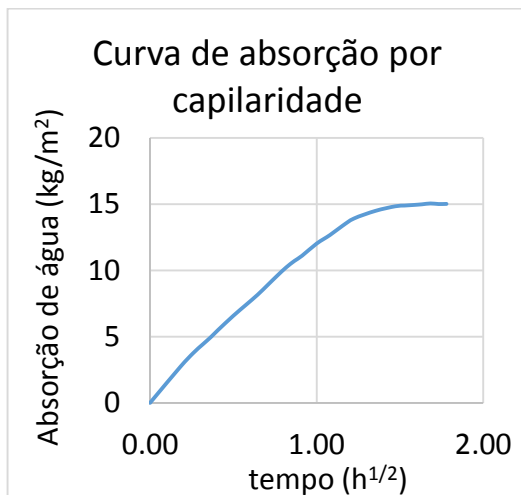
Referência da amostra: Cap21-ARI

Local: Passo do Pretório, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
11,56	0.27

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
20	80

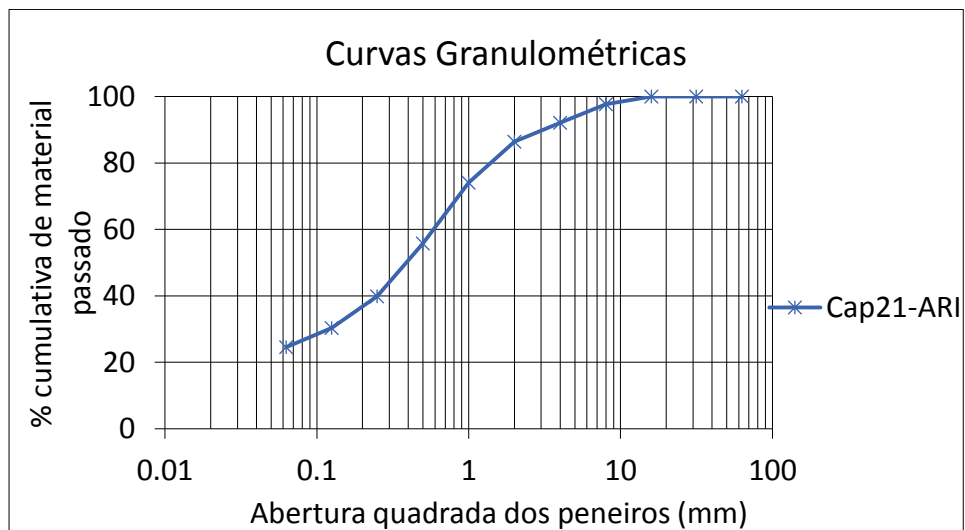
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,15	9,37	13,66	38,87	0,11	0,21	0,09	1,50	13,39	0,41	0,01	0,09	2,95	19,02

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Feldspato
++++	+++	+	++	Vstg.

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 3,79 MPa

FICHA 9

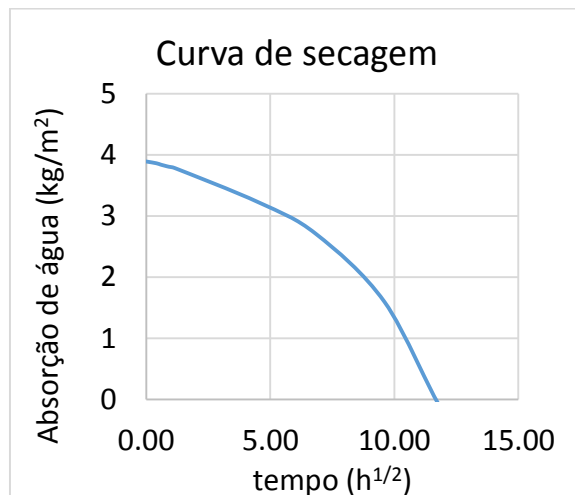
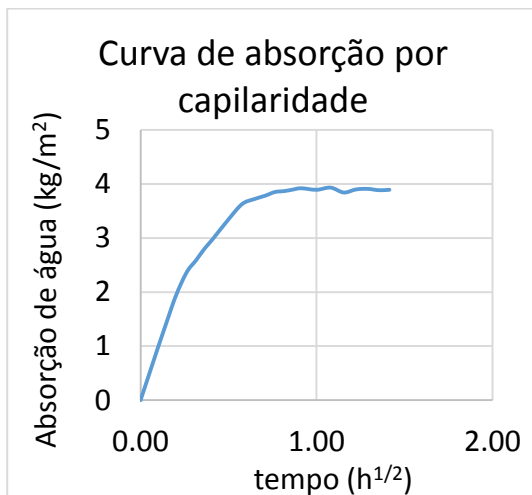
Referência da amostra: Cap21-ARII

Local: Passo do Pretório, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
7,31	0.44

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
8	92

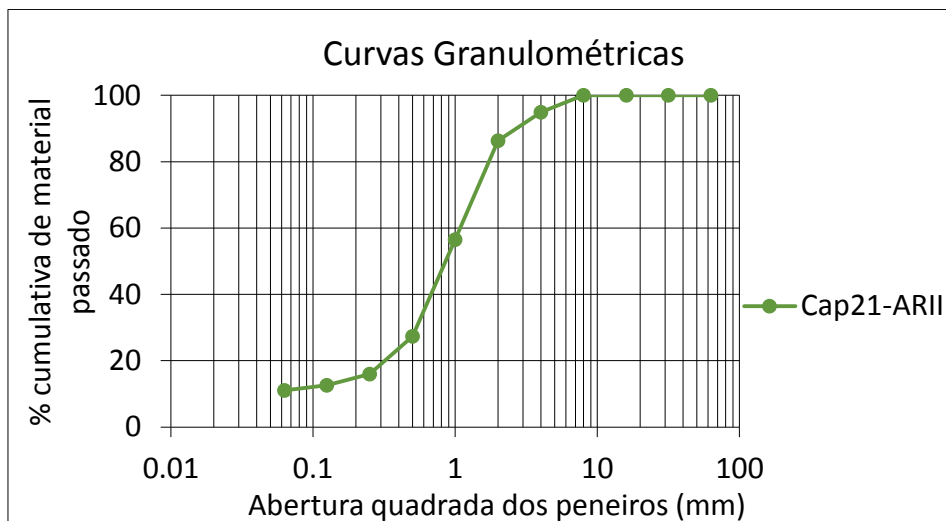
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,09	4,66	20,37	46,60	0,07	0,08	0,01	1,05	9,06	0,25	0,01	0,04	1,94	15,70

Diffractometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Feldspato
++++	+++	Vstg.	+++	Vstg.

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,45 MPa

FICHA 10

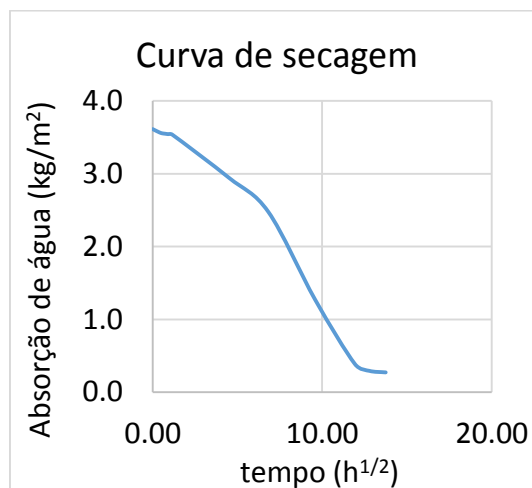
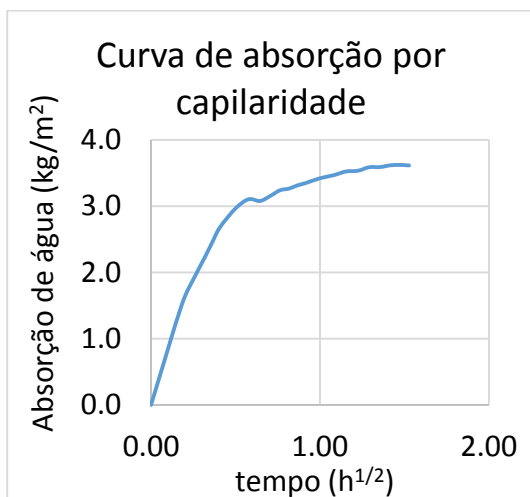
Referência da amostra: Cap21-ARZT

Local: Passo do Pretório, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coeficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
5,95	0.41

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
10	90

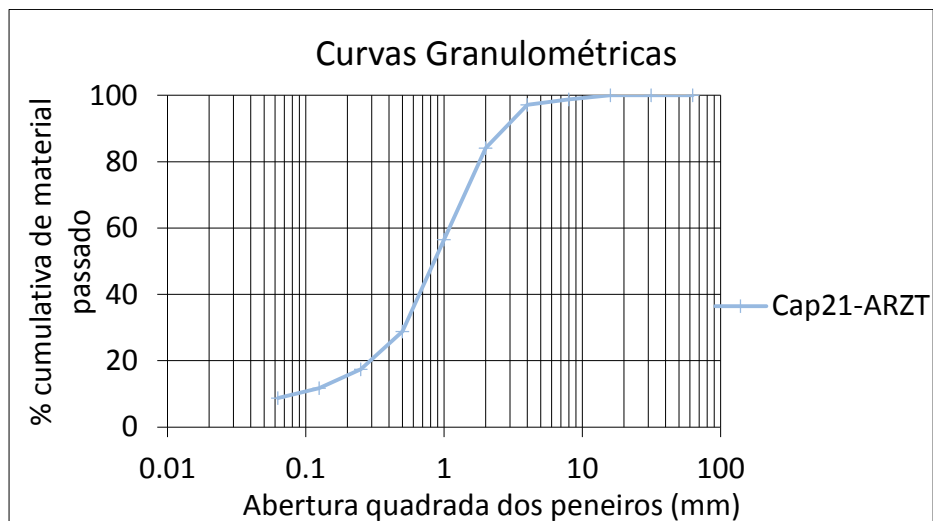
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,12	9,40	13,90	38,82	0,05	0,37	0,02	0,79	14,47	0,19	0,01	0,05	1,53	20,17

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Feldspato
++++	+++	Vstg.	++	Vstg.

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,91 MPa

FICHA 11

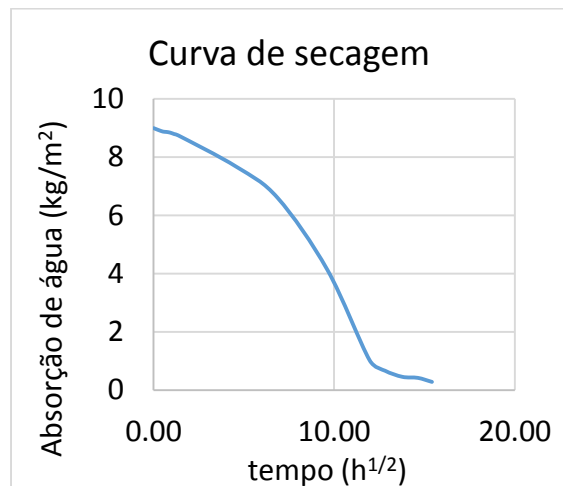
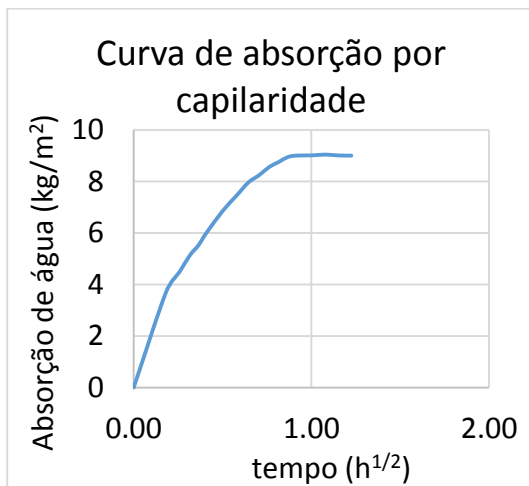
Referência da amostra: Cap21-AAZT

Local: Passo do Pretório, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de assentamento



Absorção de água por capilaridade:



Coeficiente de capilaridade (kg/m².h ^{1/2})	Índice de secagem
14,45	0.37

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
7	93

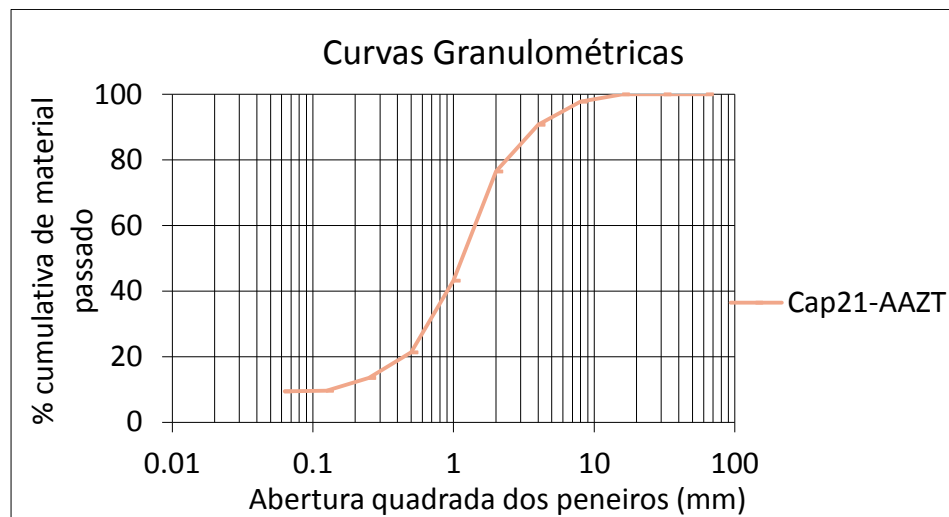
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,13	4,10	15,17	57,18	0,07	0,51	0,05	1,03	8,53	0,20	-	0,02	1,38	11,50

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Feldspato
++++	++	Vstg.	+	+

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,81 MPa

FICHA 12

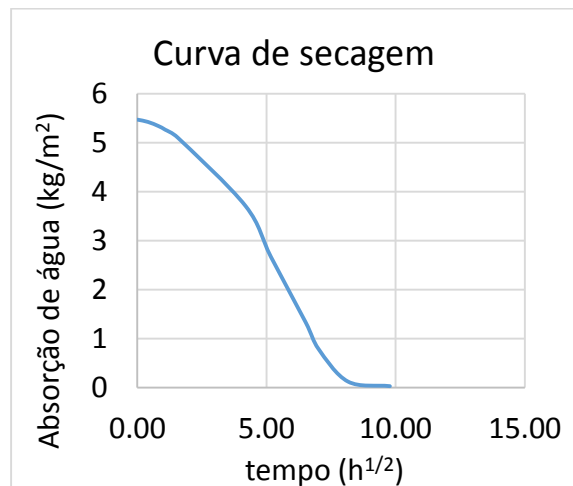
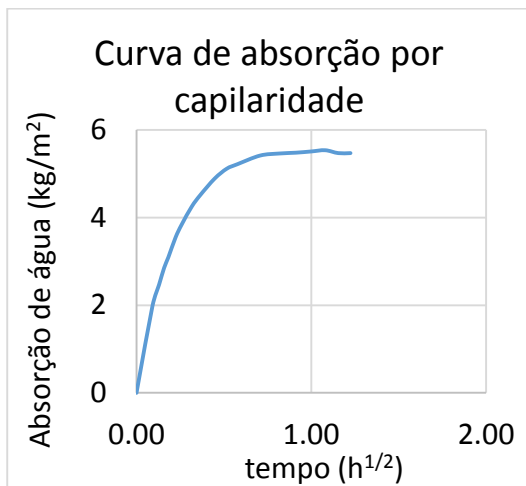
Referência da amostra: Cap25-AR

Local: Passo do Cireneu, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coeficiente de capilaridade (kg/m².h ^{1/2})	Índice de secagem
14,57	0.30

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
14	86

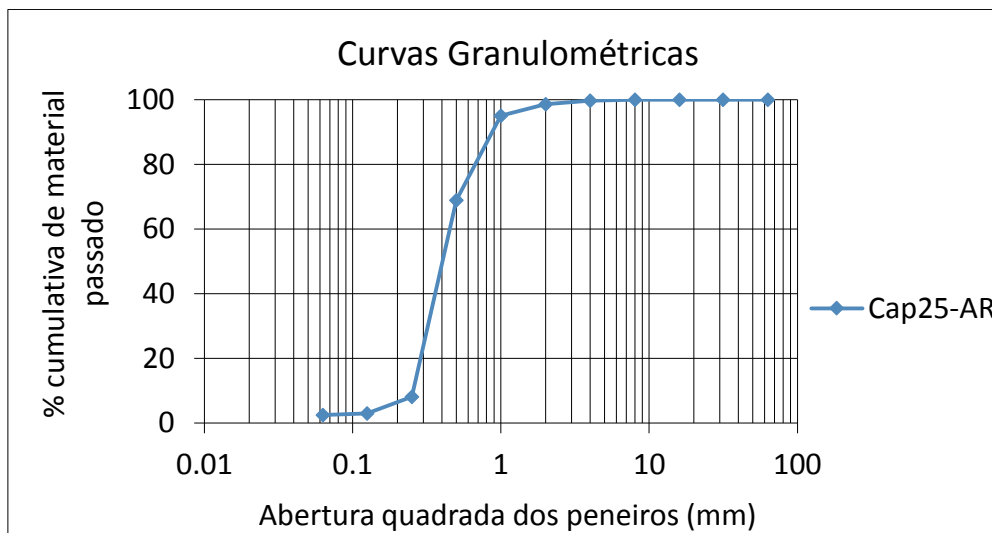
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,23	5,20	5,68	45,26	0,18	0,17	0,02	1,54	22,02	0,10	-	0,15	1,91	17,48

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Aragonite	Filossilicatos	Feldspato
++++	+++	Vstg.	Vstg	+

Análise granulométrica:



FICHA 13

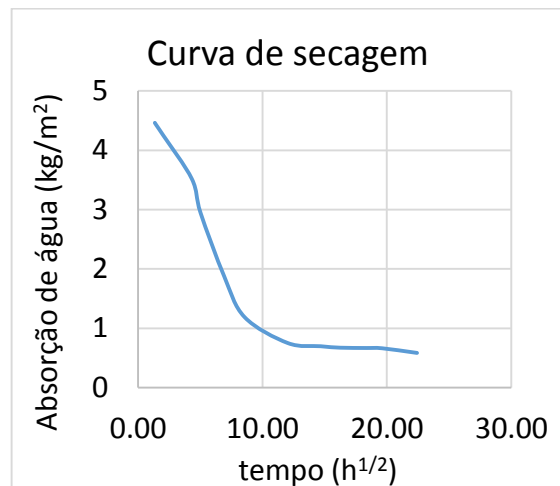
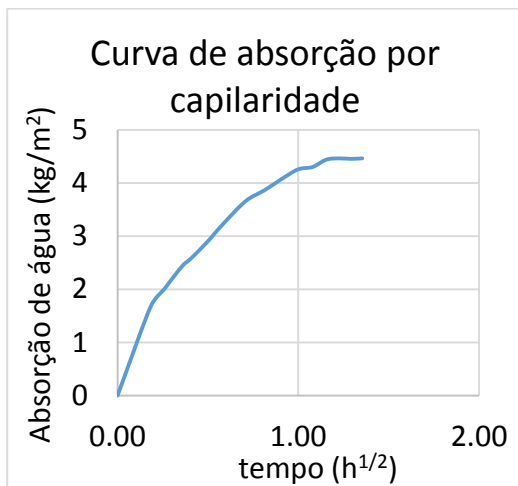
Referência da amostra: Cap26-ARI

Local: Passo da Verónica, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:

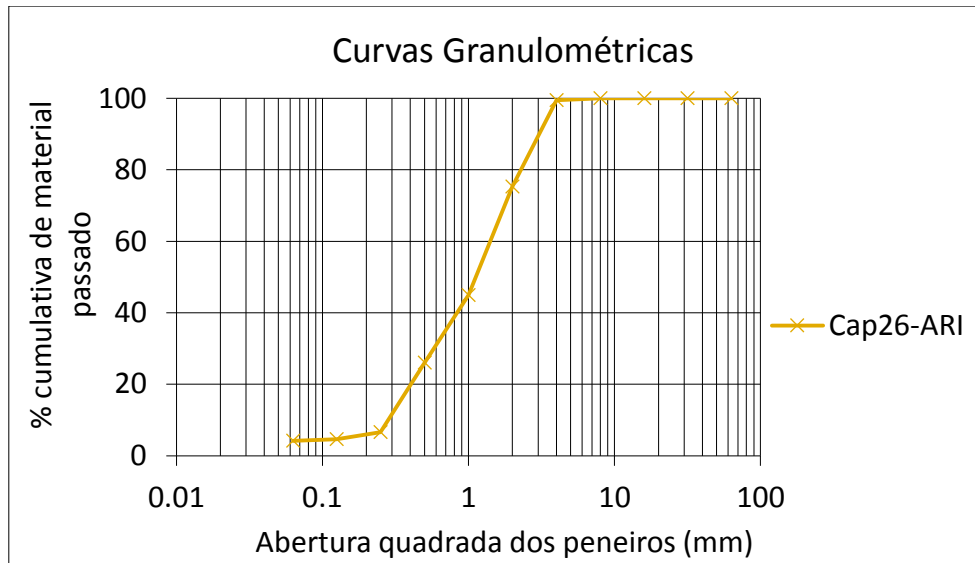


Coeficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
6,30	0,22

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
21	79

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 3,54 MPa

FICHA 14

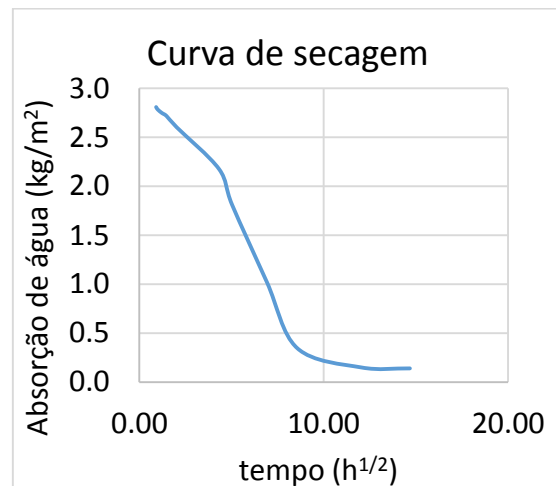
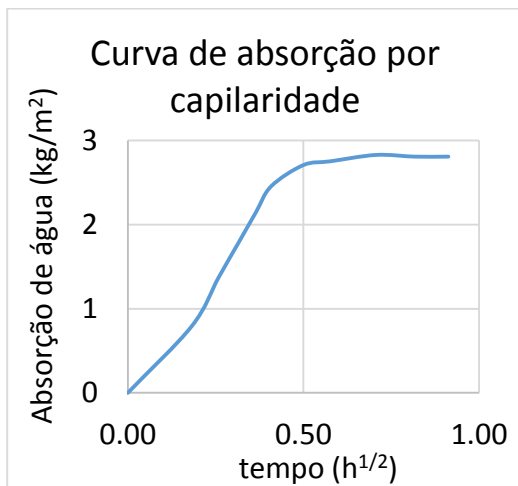
Referência da amostra: Cap26-ARII

Local: Passo da Verónica, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:

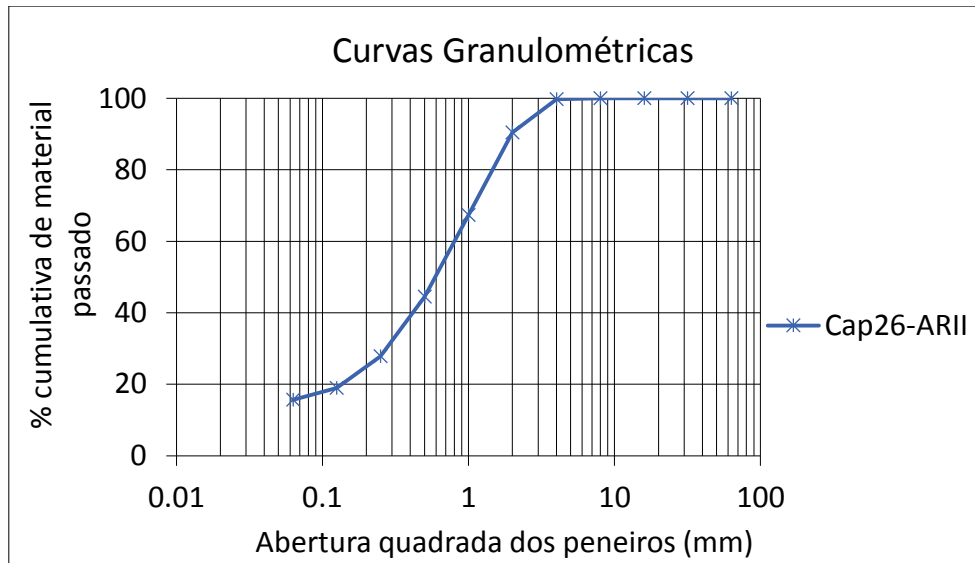


Coeficiente de capilaridade ($kg/m^2.h^{1/2}$)	Índice de secagem
5,82	0,22

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
24	76

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 0,68 MPa

FICHA 15

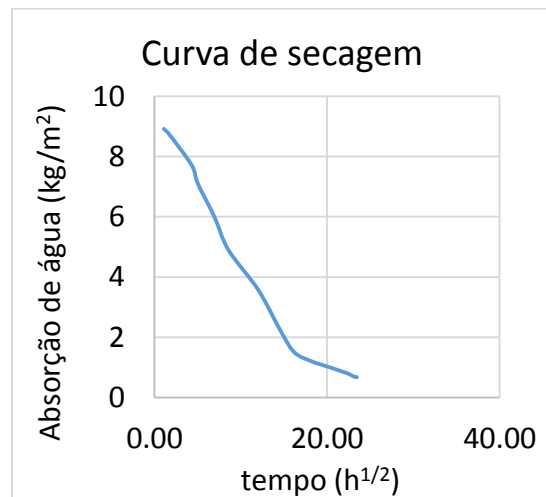
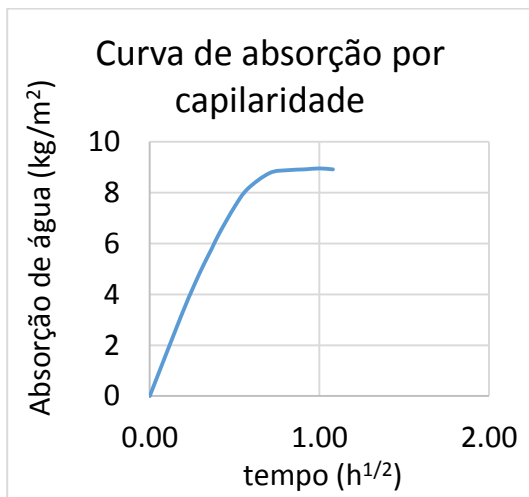
Referência da amostra: Cap27-ARI

Local: Passo da 2ª Queda, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:

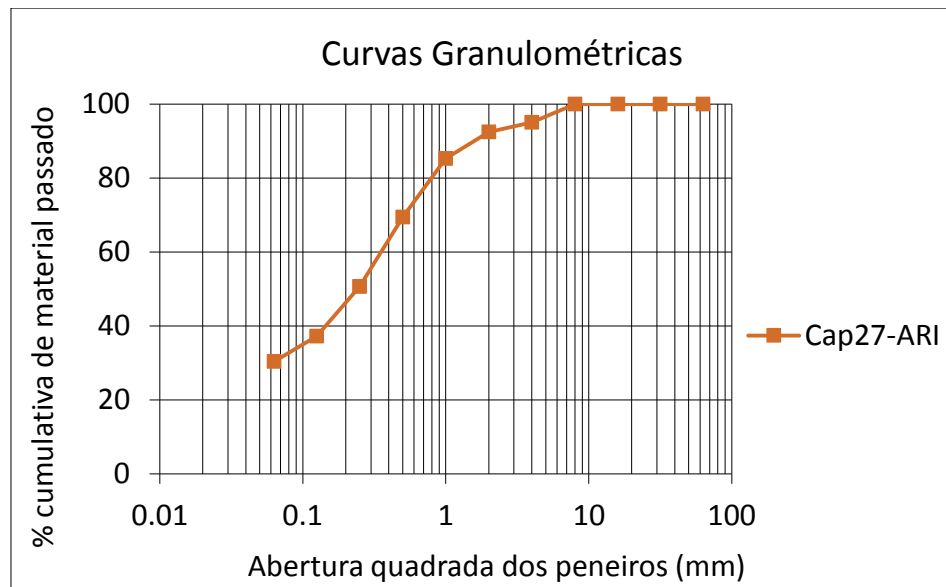


Coefficiente de capilaridade (kg/m².h ^{1/2})	Índice de secagem
14,18	0,28

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
16	84

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,01 MPa

FICHA 16

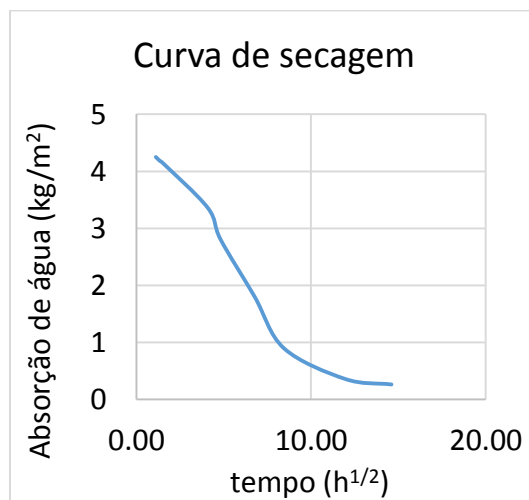
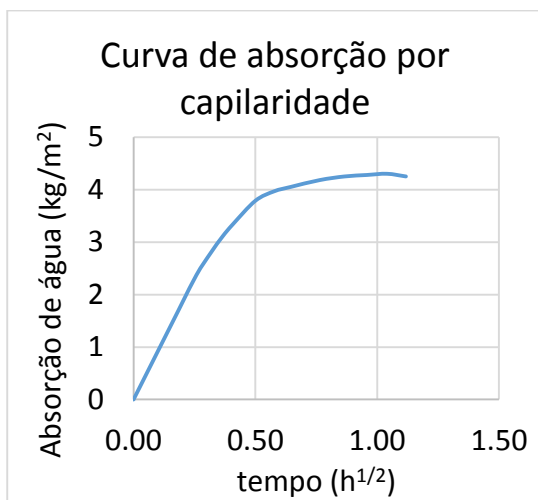
Referência da amostra: Cap27-ARII

Local: Passo da 2ª Queda, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:

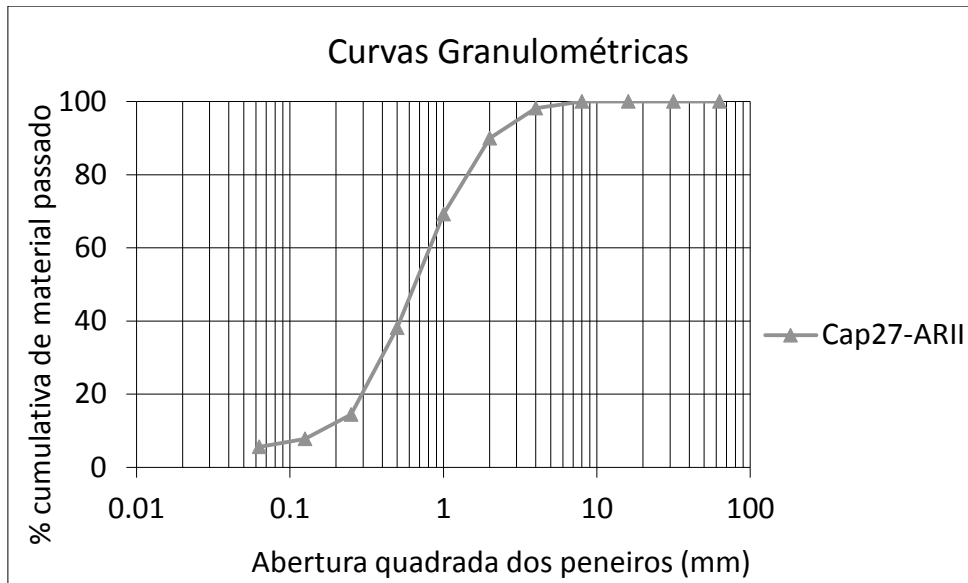


Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
6,96	0,26

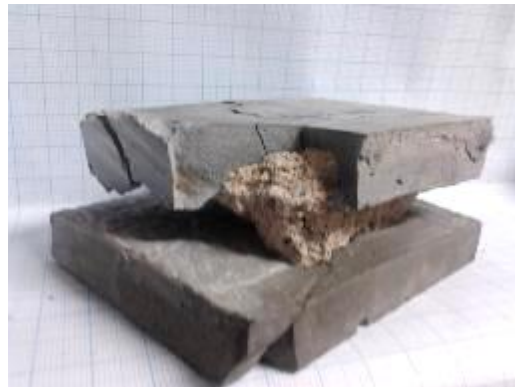
Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
23	77

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 2,35 MPa

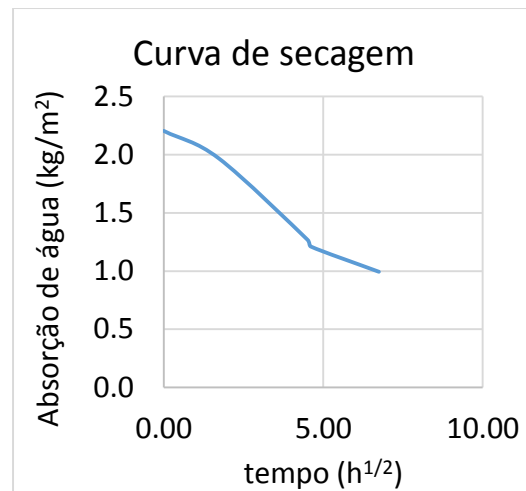
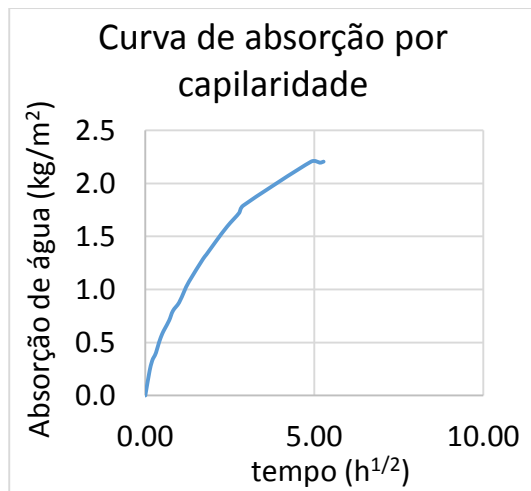
FICHA 17

Referência da amostra: Cap27-ARIII

Local: Passo da 2ª Queda, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento

Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade ($kg/m^2.h^{1/2}$)	Índice de secagem
1,09	0.62

Dissolução ácida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
16	84

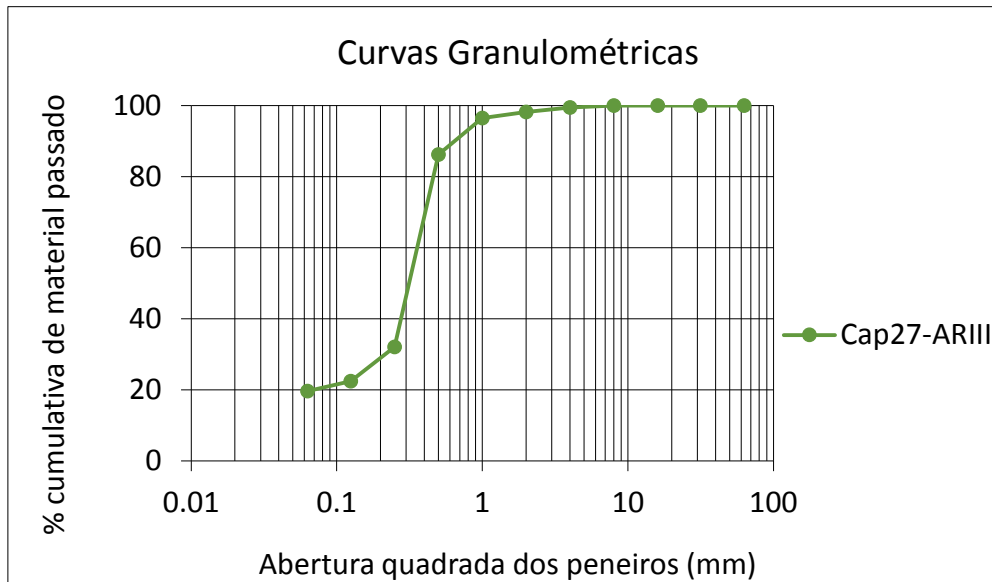
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,14	3,62	3,72	41,03	0,06	0,84	0,13	0,76	31,28	0,13	0,01	0,05	1,95	16,12

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Portlandite	Feldspato
+++++	+++	+	+

Análise granulométrica:



FICHA 18

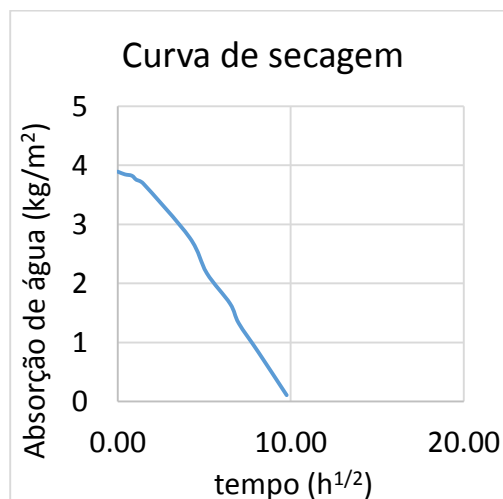
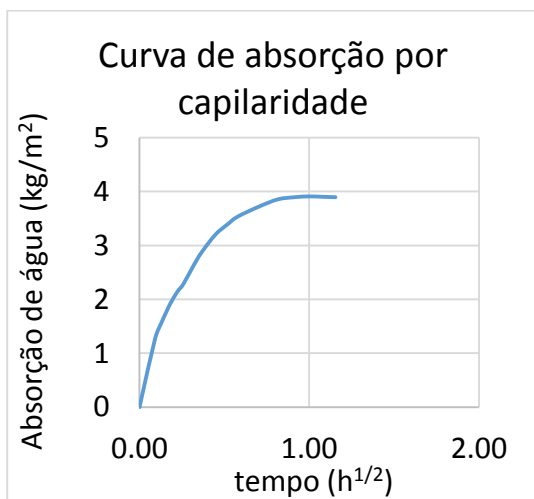
Referência da amostra: Cap29-AR

Local: Passo da 3ª Queda, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
9,58	0.41

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
14	86

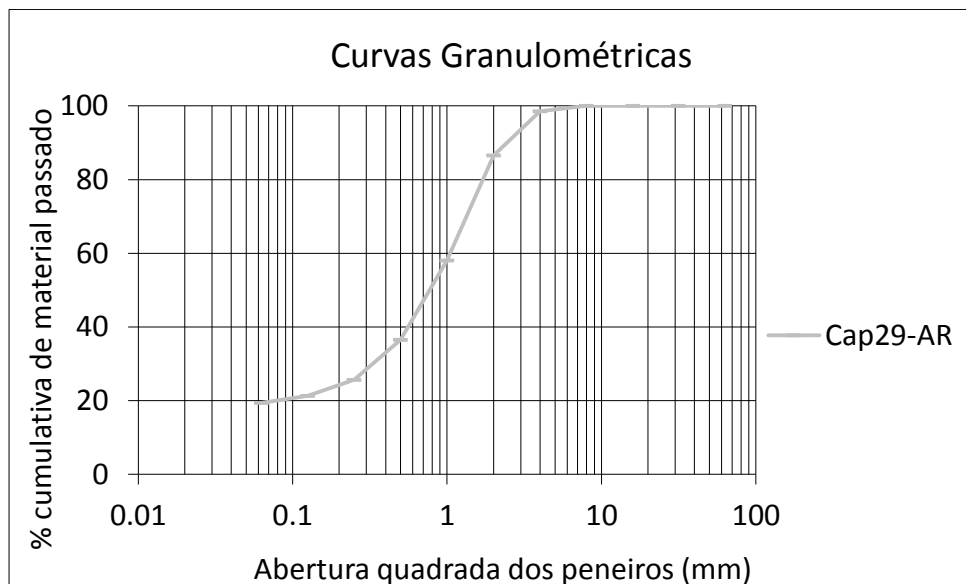
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
12,29	6,71	9,97	27,57	0,03	0,44	7,61	0,51	9,34	0,13	0,01	0,04	1,20	24,09

Diffractometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Halite	Filossilicatos	Hematite
++++	++	++	++	Vstg.

Análise granulométrica:



FICHA 19

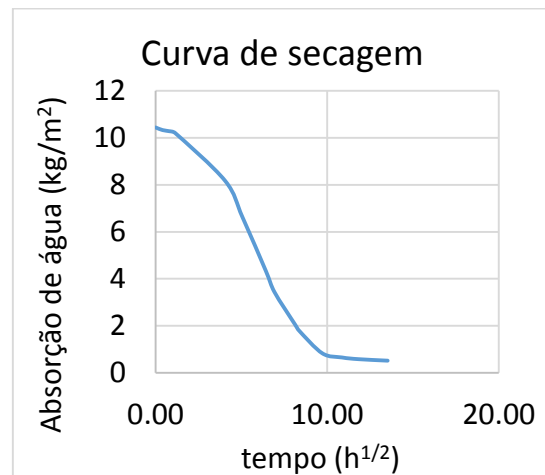
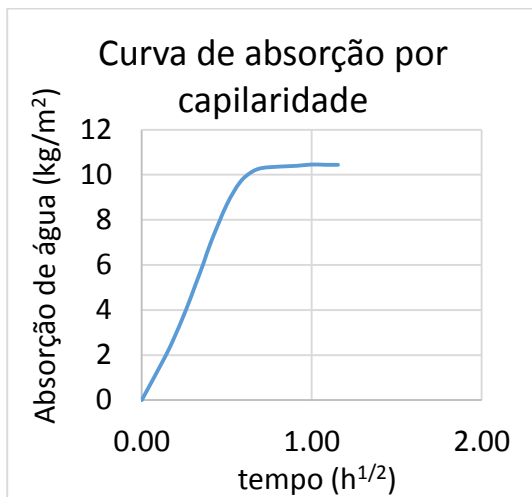
Referência da amostra: Cap29-AT

Local: Passo da 3ª Queda, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Argamassa de beiral de
cobertura



Absorção de água por capilaridade:

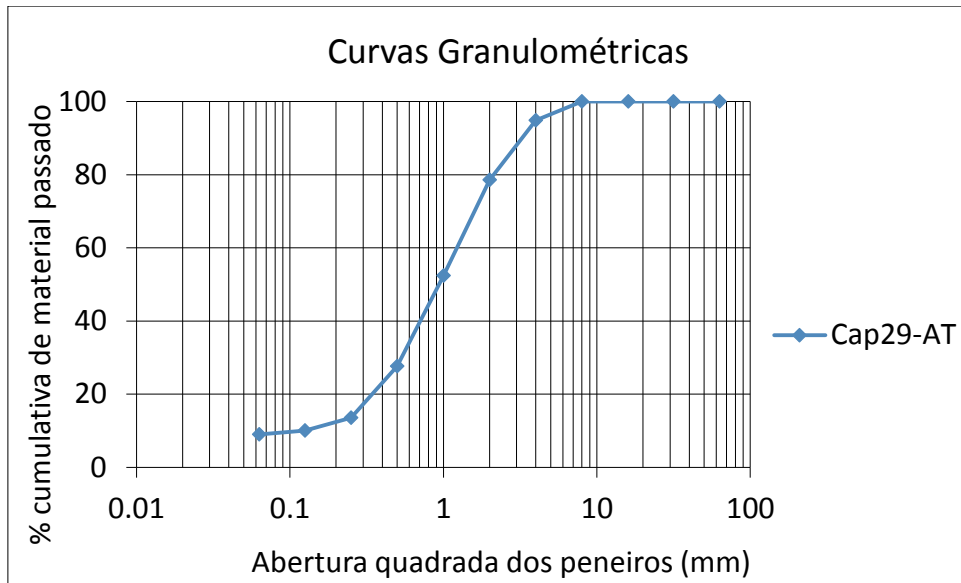


Coeficiente de capilaridade (kg/m².h ^{1/2})	Índice de secagem
17,51	0,25

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
17	83

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,97 MPa

FICHA 20

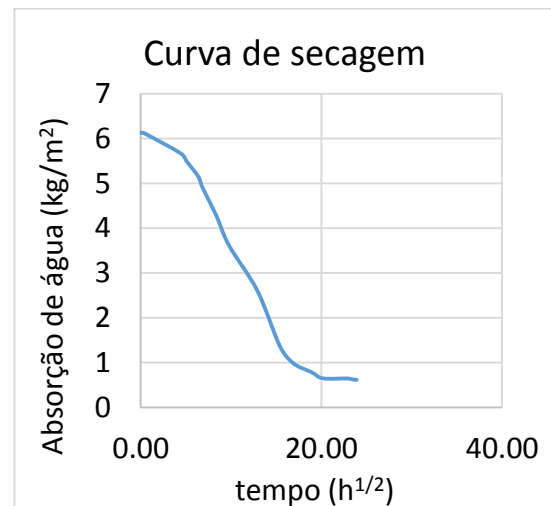
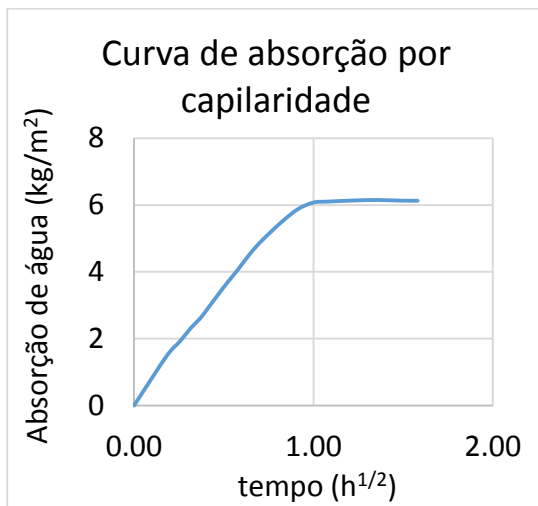
Referência da amostra: ESJ-ARI

Local: Ermida de São José, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:

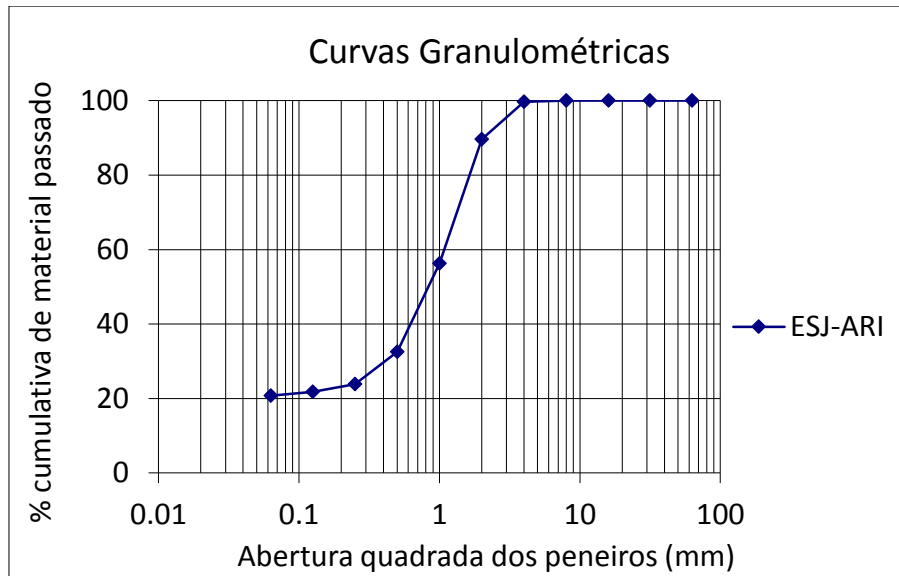


Coeficiente de capilaridade (kg/m².h ^{1/2})	Índice de secagem
6,47	0,31

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
23	77

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,87 MPa

FICHA 21

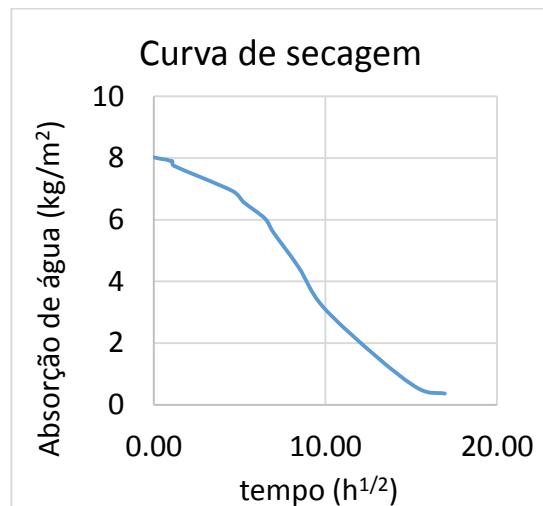
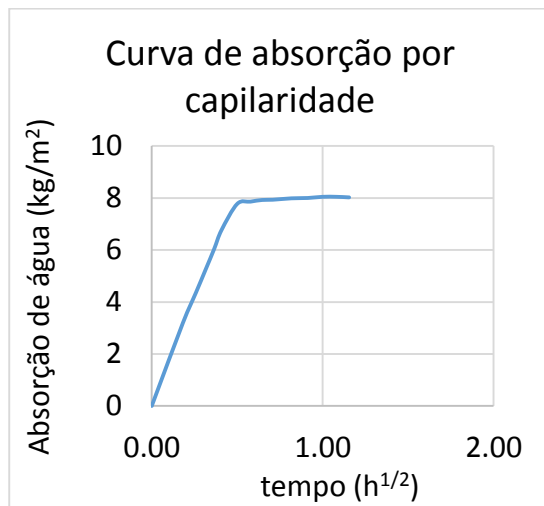
Referência da amostra: ESJ-ARII

Local: Ermida de São José, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:



Coeficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
15,77	0.21

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
22	78

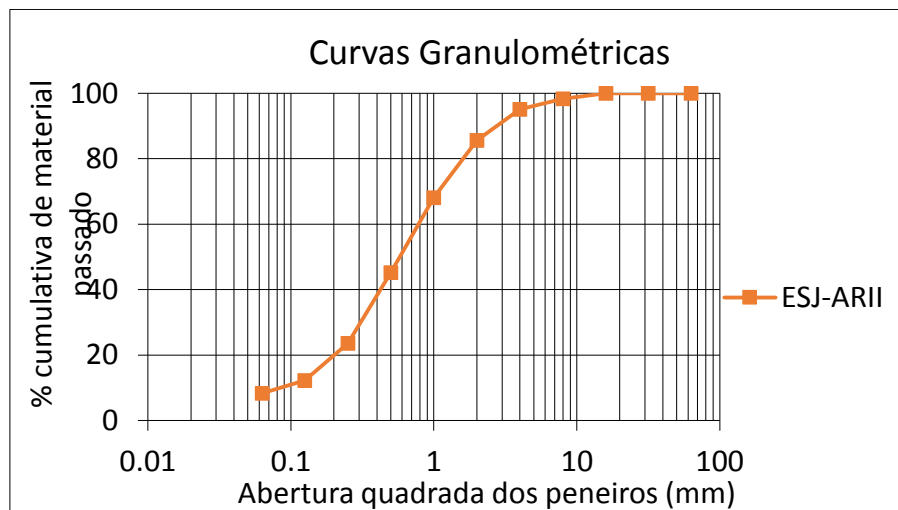
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,08	0,76	4,23	17,29	0,07	0,11	0,02	1,49	42,94	0,18	0,01	0,03	1,52	31,18

Diffractometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Calcite	Hematite	Filossilicatos	Feldspato
++	++++	Vstg.	Vstg.	+

Análise granulométrica:



Resistência à compressão:



Rc = 1,77 MPa

FICHA 22

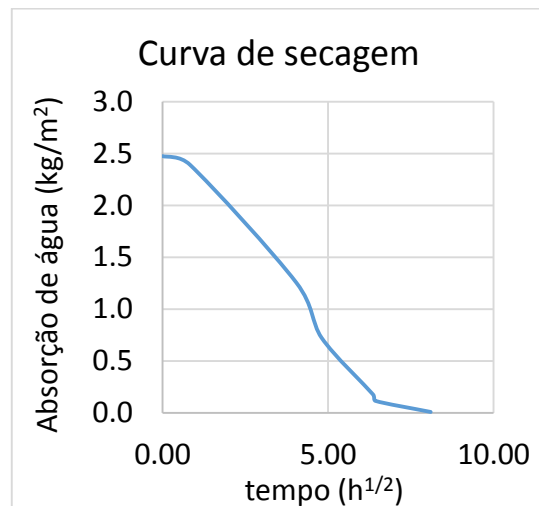
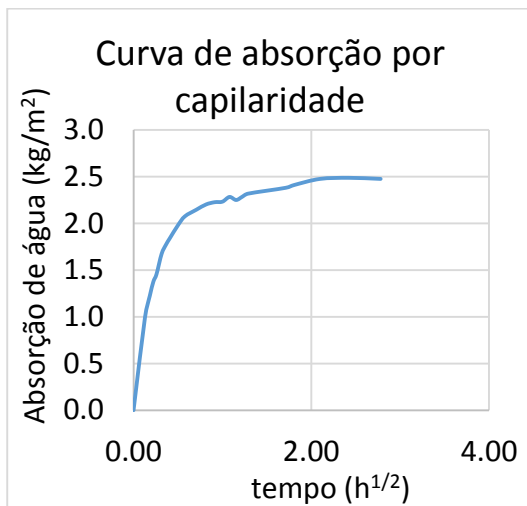
Referência da amostra: ENSA-AR

Local: Ermida de Nossa Senhora da Assunção, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento



Absorção de água por capilaridade:

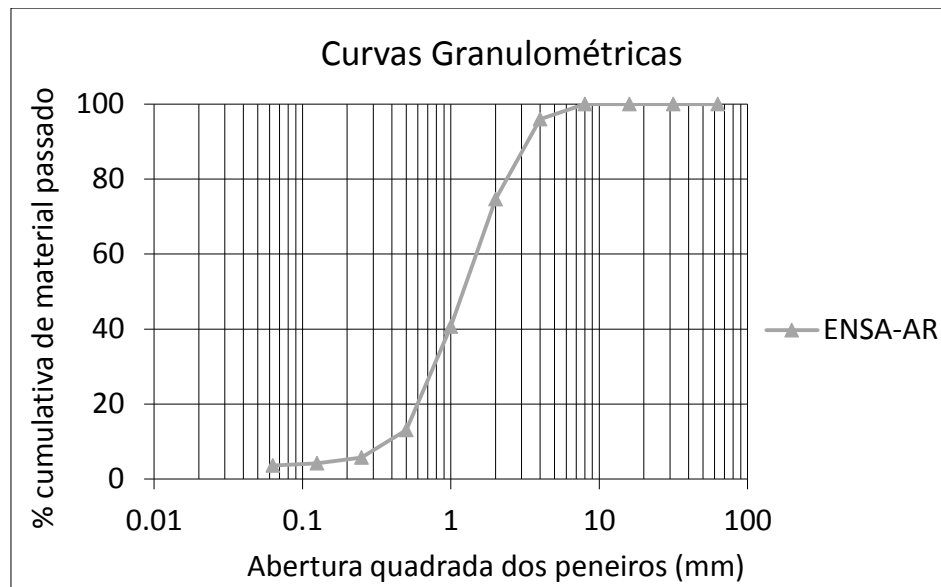


Coeficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
5.23	0.29

Dissolução acida:

Fração solúvel (%)	Resíduo (%)
23	77

Análise granulométrica:



FICHA 23

Referência da amostra: ESJ-AAIt1

Local: Ermida de São José, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de revestimento do altar



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0.10	1.33	2.42	5.88	0.03	46.91	0.14	0.68	36.15	0.13	-	0.01	0.97	5.15

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Gesso	Bassanite	Anidrite
+	++++	+++	+

Resistência à compressão:



Rc = 0,85 MPa

FICHA 24

Referência da amostra: ESJ-AAIt2

Local: Ermida de São José, Mata do Buçaco

Função: Argamassa de tardoiz do altar



Resistência à compressão:



Rc = 0,60 MPa

FICHA 25

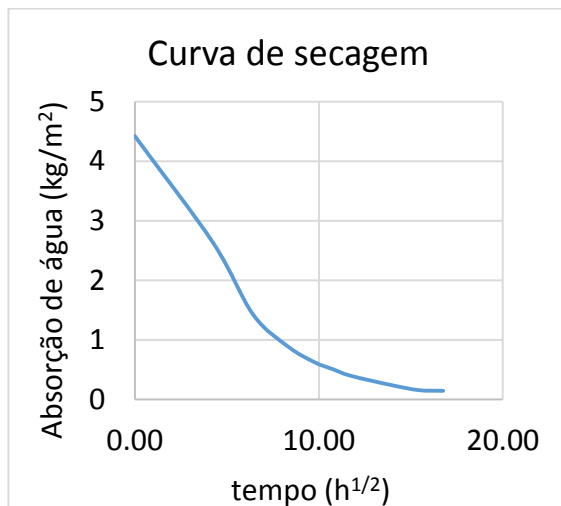
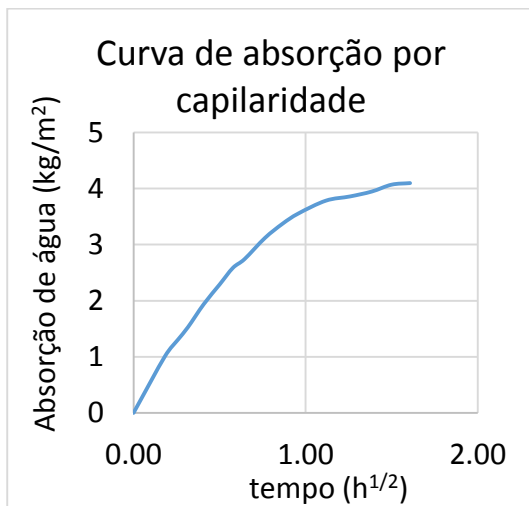
Referência da amostra: Cap21-Tij

Local: Passo do Pretório, Via-Sacra, Mata do Buçaco

Função: Tijolo cerâmico



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
4,40	0.18

Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,25	1,76	18,50	68,15	0,07	0,05	0,06	2,80	0,43	0,96	0,01	0,03	5,80	0,95

Diffractometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Feldspato	Hematite
++++	Vstg.	+

Resistência à compressão:



Rc = 10,66 MPa

Módulo de elasticidade: 19 GPa

FICHA 26

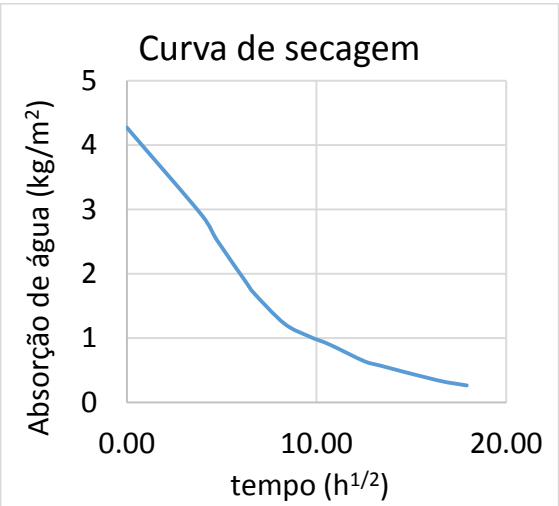
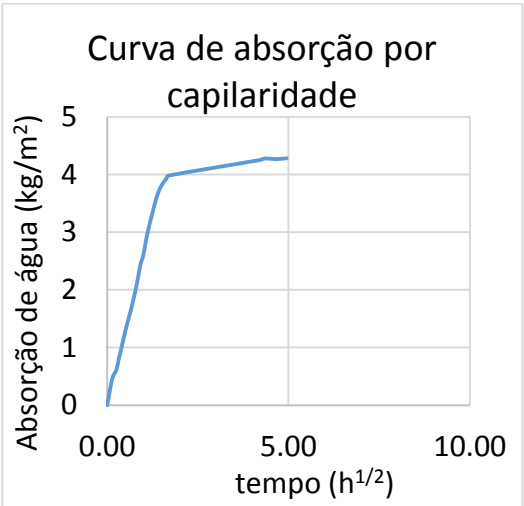
Referência da amostra: ESJ-Tij.Alt

Local: Ermida de São José, Mata do Buçaco

Função: Tijolo cerâmico



Absorção de água por capilaridade:



Coefficiente de capilaridade (kg/m².h¹/²)	Índice de secagem
2.66	0.22

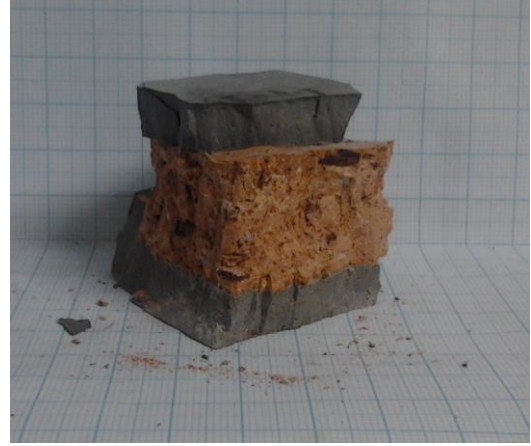
Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,51	0,69	29,91	56,01	0,08	0,07	0,01	3,13	0,11	1,40	0,02	0,01	6,90	0,95

Diffractometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Mulita	Hematite
+++++	+++++	+

Resistência à compressão:



Rc = 13,78 MPa

Módulo de elasticidade: 30 GPa

FICHA 27

Referência da amostra: VP-T

Local: Varanda de Pilatos, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Telha de cobertura



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,13	0,62	31,18	58,94	0,08	0,04	-	2,12	0,68	0,61	0,01	0,01	3,78	1,48

Difracção de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Mulita	Hematite	Feldspato
++++	++++	Vstg.	+

Absorção de água:

mo (Kg)	mf (Kg)	% de água absorvida
0,638	0,697	9

Impermeabilidade à água:

Xi (h)	ICXi	Estanque
Não pingou	0	

FICHA 28

Referência da amostra: ENSA-T

Local: Ermida de Nossa Senhora da Assunção, Mata do Buçaco

Função: Telha de cobertura



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,23	1,82	19,31	68,46	0,11	0,05	-	2,69	0,29	1,00	0,01	0,03	5,12	0,73

Difracção de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Hematite	Feldspato
++++	+	Vstg.

Absorção de água:

mo (Kg)	mf (Kg)	% de água absorvida
0,898	0,990	10

Impermeabilidade à água:

Xi (h)	ICXi	Estanque
Não pingou	0	

FICHA 29

Referência da amostra: C1-R1

Local: Convento de Santa Cruz, Mata do Buçaco

Função: Fragmento de rocha do embrechado



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,02	0,11	1,23	96,87	0,01	0,03	0,01	0,05	0,09	0,03	0,01	0,01	0,65	0,87

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo
++++

FICHA 30

Referência da amostra: C1-R2

Local: Convento de Santa Cruz, Mata do Buçaco

Função: Fragmento de rocha do embrechado



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,04	0,21	3,56	94,04	0,03	0,02	-	0,71	0,06	0,31	0,01	0,01	0,41	0,55

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo
++++

FICHA 31

Referência da amostra: C1-R3

Local: Convento de Santa Cruz, Mata do Buçaco

Função: Fragmento de rocha do embrechado



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,24	0,86	7,88	34,39	0,76	0,12	0,05	2,02	1,30	0,28	0,01	2,42	49,33	0,25

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Feldspato	Magnetite	Faialite
+	+	++++	++++

FICHA 32

Referência da amostra: C2-R

Local: Convento de Santa Cruz, Mata do Buçaco

Função: Fragmento de rocha do embrechado



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,02	0,06	0,17	98,92	0,01	0,04	0,01	0,02	0,05	-	0,01	-	0,46	0,23

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo
++++

FICHA 33

Referência da amostra: VP-R

Local: Varanda de Pilatos, Via-Sacra,
Mata do Buçaco

Função: Fragmento de rocha do
embrechado



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
0,02	0,07	0,14	98,38	-	0,02	-	0,02	0,05	-	0,01	0,01	0,99	0,28

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo
++++

FICHA 34

Referência da amostra: ESJ-RJ

Local: Ermida de São José, Mata do Buçaco

Função: Rocha de cantaria



Fluorescência de raios X (FRX)- Análise Química:

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
1,03	1,24	22,63	55,66	0,06	0,76	0,95	2,85	0,24	0,44	0,03	0,01	6,89	7,06

Difratometria de Raios X (DRX) - Análise Mineralógica:

Quartzo	Caulinite	Muscovite	Hematite	Halite
++++	+++	++	++	+